

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

052316

急酷降溫：開發水冷式 CPU 散熱模組之研究

學校名稱：國立北門高級農工職業學校

作者： 職三 邱霆緯 職三 陳信華	指導老師： 黃鏞逸
---------------------------------	------------------

關鍵詞：CPU 散熱、致冷晶片、水冷式降溫

摘要

目前水冷散熱系統普遍應用在電腦 CPU 降溫中，雖然水的「比熱容」比空氣及大部分介質都高，但因水冷散熱系統內冷卻液的熱量，最終仍靠風扇送到機殼外，故 CPU 之最低溫度仍存在一個臨界值。本研究旨在對於「一體式」與「分離式」電腦水冷散熱系統及「熱電致（製）冷晶片」（Thermoelectric Cooling Module）結合進行模組開發設計，將此兩類相關元件搭配結合，以突破傳統水冷式散熱所無法降達的溫度。本研究將「致（製）冷晶片」之致冷端及水冷系統作結合，利用致冷端作為吸收 CPU 主要熱量，結果發現：與單純只利用風扇將熱量帶走的方式相比，本研究所開發之『第一代』一體式散熱模組與『第二代』分離式散熱模組皆成功地將頂級 CPU 之工作溫度再壓低，使電腦工作效率維持在最佳範圍。

壹、前言

一、研究動機

「108 課綱」其中的基本理念之一就是「溝通互動」，它希望我們學生能廣泛且妥善運用生活中各種物質工具（如：人造物、科技及資訊等），於是我們想藉由這次研究，去運用我們課程所學的，並整合應用到另一個科技領域，不再畫地自限，躲在「舒適區」。

學校生活裡到處都有飲水機，在某次好奇心趨動之下，我們詢問老師：「為什麼學校飲水機能夠快速產出熱水和冷水呢？」，後來老師說出個答案「致（製）冷晶片」提供我們一個去主動思考的方向，當時這在我們心中埋下個種子。由於「致冷晶片」或「製冷晶片」都有人說，本研究在之後的書面報告裡，我們將統一稱為「致冷晶片」。

科技越來越發達，人人幾乎都有一台手機或電腦，許多大型遊戲及大型高端程式對於電腦性能的要求也大幅提升，CPU（英語：Central Processing Unit，縮寫：CPU）在運作這些巨型程式時所產生的熱量也隨之增加。

電腦玩家常用來使電腦主機冷卻降溫的方式是：「風扇」或「水冷系統/模組」，而在不接任何額外功耗之下，市面上水冷模組散熱可達的最佳（低）溫度大約維持在室溫上下，隨著地球暖化日趨嚴重，室溫屢創新高，故能使 CPU 下降的溫度是非常有限的。

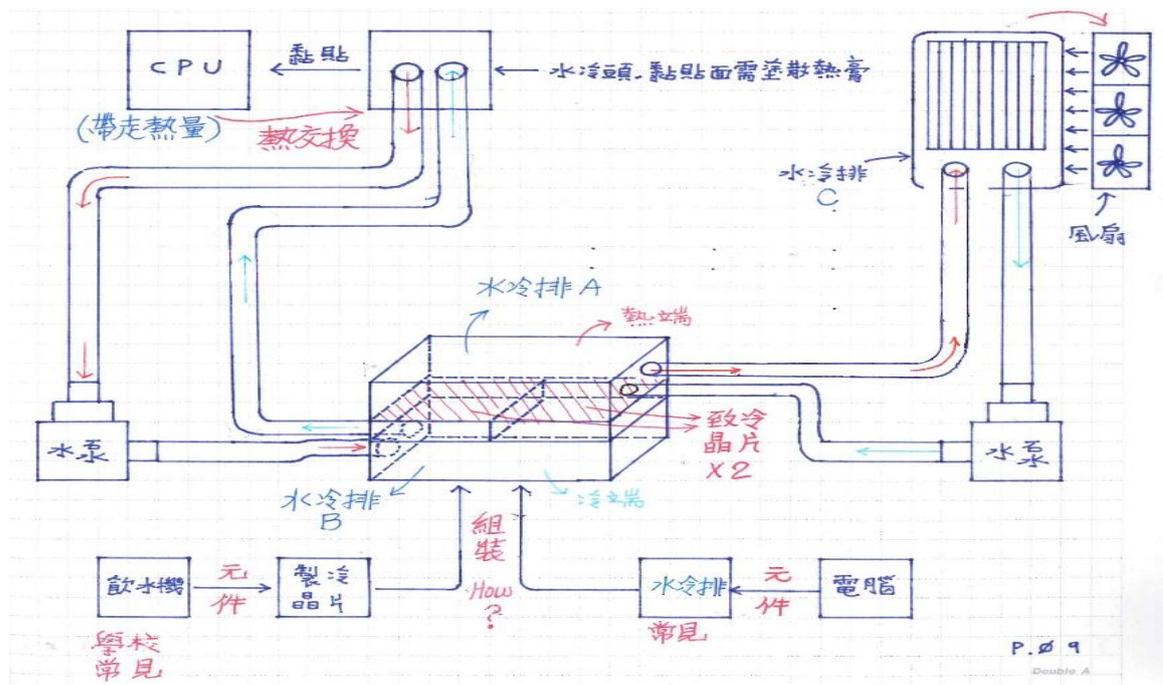


圖 1、研究動機與手繪原始設計構想（節錄於原始研究實驗日誌）

本組原創性的發想如上方圖 1：如果選用合適的「致冷晶片」，或許能透過自行設計的模組把 CPU 的溫度降至室溫以下，因為「致冷晶片」有冷熱兩端（面），可以利用「致冷晶片」冷端（面）的低溫將「CPU 水冷頭」的熱量帶走，但是「致冷晶片」的熱端（面）必須要有另一套冷卻系統，否則熱端（面）溫度將會過高，造成「致冷晶片」損壞。倘若熱端（面）的熱量能藉由適當的散熱系統冷卻，冷端（面）的溫度將會非常的低，所以我們想法是：該套冷卻系統可以用「水冷散熱排/鋁製水冷頭」來帶走我們研發的模組因致冷晶片而產生的熱量。該模組包含三部份：（1）「致冷晶片」、（2）冷端（面）的鋁製水冷排以及（3）熱端（面）的鋁製水冷排，經由以上的初步設計，或許能使 CPU 的溫度降到室溫以下，以上是我們的研究動機/想法與原始設計努力的方向。下圖為我們與老師討論出的研究流程圖（見下方圖 2）。



圖 2、研究流程圖

二、研究目的

- (一) 透過研究各式「水冷排」的安裝與應用，搭配不同規格的「致冷晶片」，求出最佳的降溫效能配置。
- (二) 透過研究「致冷晶片」的安裝與應用，尋求「致冷晶片」功效的最大化，以達到快速（轉換/傳遞）熱量的目的。
- (三) 在有限的電腦機殼空間裡，研究找出「水冷排」和「致冷晶片」最合適的配置與 CPU 降溫效率最大化的工作情況。
- (四) 透過實作學習如何安裝各個元件至實體電腦中，並推進理論到實用領域，以達到對相關研究領域/實際市場有貢獻的目的。
- (五) 透過科學方法實驗與檢驗，去探討一般風冷、水冷與我們開發的「致冷晶片」散熱模組之間的降溫效率是否有可視的差異。

三、文獻回顧

網路發展至今，熱源在電腦一直是扮演影響各式模組的重要關鍵，電腦模組在運作時，如何有效地驅散 CPU 產生的熱量，已成為未來科技發展重要的趨勢。CPU 熱量影響的範圍相當廣泛，更間接地影響到各電子零組件的使用年限。此外，目前各國都想找到解決 CPU 高速運算下產生高熱的解方，但在面臨全球暖化的問題時，至多降到室溫的「被動極限」是不可改變的因素，在找到最佳的環保降溫方案前，有效地控制電子設備使其在較低溫的環境下順利運行，絕對是世界各國追尋的目標，因此，若能對電腦內部之熱能，規劃良好的設計與「主動」控制，將有助於人類科技之發展。老師為引起我

們對科學之思考力、創造力，與技術創新能力，他建議我們先去了解目前市場上常用的冷卻方式，「這才是對科學之正確觀念及態度的第一步」他這樣對我們說。根據以上討論，我們研究後，針對四項重要的 CPU 散熱方式/關鍵名詞做出了進一步定義，整理如下：

(一) 風冷 CPU 冷卻器：

使用空氣作為媒介冷卻需要降溫的物體，靠著在物體表面加裝「散熱鰭片」來將物體熱量導出，再利用風扇來加強通風、強化冷卻效果。

(二) 水冷 CPU 冷卻器：

水冷散熱的原理，是利用液體接觸水冷塊，帶走核心硬體產生的熱量。然後帶有熱量的液體進入水箱降溫，最後通過水泵推動，再次將低溫液體推向水冷塊，完成水循環。(PK 大事件、2019)

(三) 熱管散熱技術：

與前兩種散熱技術相比，熱管散熱技術是一種比較新型的現代 CPU 散熱技術，其組成結構也相對簡單。其結構是一種封閉式的真空構造，通過在此種封閉的結構當中，將熱管抽至真空狀態，並將相關的低沸點介質注入真空熱管當中，從而實現 CPU 散熱的目的。

(四) 被動散熱技術：

利用被動散熱系統進行 CPU 散熱的工作，需要應用大量的散熱片來對 CPU 運行中所產生的熱量進行導出。現階段應用比較廣泛的是：「塔型熱管散熱器」。

貳、研究設備及器材

表 1 研究器材清單表

序號	名稱	規格	數量	用途
01	桌上型電腦	<ul style="list-style-type: none"> ● CPU：I7-8700k (第一代模組) ● CPU：I9-12900k*(第二代模組) ● 主機板：ROG MAXIMUS S FORMULA (第一代模組) ● 主機板：ROG MAXIMUS Z690 E 	<ul style="list-style-type: none"> 1 1 1 1 	進行模組實驗與研究之電腦主機

		XTREME GLACIAL*(第二代模組) ●電源供應器：鋼影 Toughpower Grand RGB 650W 金牌電源供應器(全模組) ●電源供應器：ASUS ROG STRIX 1000G 1000W 金牌電源供應器(全模組)*	1 1	
02	鋁製水冷排(含風扇)	●120(單風扇) ●240(雙風扇) ●360(三風扇)*	1 1 1	供自行設計的『散熱模組』散熱用
03	CPU 水冷頭	●I代模組：微水道式 ●II代模組：噴射式*	1 1	將 CPU 之熱量傳導至介質散熱用
04	抽水機	●WH-D12220	2	抽水使水冷液循環
05	「致冷晶片」	●CL-C067 ●TEC1-12706 ●TEM1-12715 SR*	5 2 2	CPU 之主要冷卻來源，置於『散熱模組』之中
06	橡膠水管	●Ø11mm & Ø9mm*	2.5m	連結管路
07	車用水箱精	RT-mart	2L	傳導介質(水冷液)
08	鋁製模組水冷頭	●40x40mm & 40x80mm ●40x200mm*	2 4	「致冷晶片」之導熱用，使用於自行設計的『散熱模組』之中
09	水箱	Ø40x180mm	1	儲水用(後來移除)
10	高速風扇	●4028 暴力風扇 ●40x40x28mm	5	搭配導冷塊冷卻「致冷晶片」(後來移除)
11	CPU 塔扇	6 銅製導管-單風扇	1	冷卻「致冷晶片」(後來移除)
12	半導體導冷塊	鋁合金製 長 225mm	1	搭配風扇冷卻「致冷晶片」
13	散熱膏	XH-X118	50g	提升導熱/冷性能，使用於自行設計的『散熱模組』之中
14	水管防漏夾	Ø10	12	防漏
15	PC 版	透明 500x500x3mm	1	自行設計『散熱模組』的外殼
16	智能數顯溫控器	XH-W1401	1	控制「致冷晶片」電源
17	環氧樹脂 & 矽利康	中性透明 N192	1	黏固 PC 板(『散熱模組』的外殼) & 填封於『散熱模組』之中
18	紅外線測溫槍	GM320	1	量測溫度
19	三用電錶	HIOKI DT4256	1	量測電流
20	一體式水冷*	●240(雙風扇) ●360(三風扇)	1 1	鋁製水冷排散熱用
21	管束*	Ø10	4	固定軟管及防漏
22	快擰頭 & 硬管*	16mm & Ø16x500mm	20/10	水管轉接 & 連接管路
23	水泵(附水箱)*	B-PMD3COV-X-CT60-V2	1	抽水使水冷液循環 & 儲水
24	水冷液*	C1000	2	冷熱傳導的介質
25	銅製 360 水冷排*	Freezmod(厚 2.9 cm)	1	供自行設計的『散熱模組』散熱用
26	水冷各類接頭*	Bykski	1	管路轉接用
27	鋁製 360 厚排*	Pacific RL360 水冷排	1	供 CPU 散熱用

*科展「分區賽」之後到「全國賽」前，新添購之研究器材

參、研究過程與方法

一、資料蒐集 & 專家諮詢

(一) 資料蒐集：

此為三個研究階段的第一階段，其首要目的是：建立本研究實驗執行的方向。為達到此目的，我們參考了目前市面上的 CPU/電腦主機的散熱方式，以便有所依據並找出設計方向，以下是我們整理研發散熱模組過程所用到的重要元件與其原理：

1. 「致冷晶片」

「致冷晶片」形式很多，從「外形」上來分有正方形、長方形、圓型、單層、多層等。以「工作溫度」來分有普通 (-150°C~+125°C)、高溫 (-150°C~+150°C)、特高溫 (-150°C~+200°C)。以「冷凍效能」來分有經濟型、標準型、強力型，種類繁多。若以「晶粒尺寸」大小來區分，則有「微型」及「正規單級」之分（朱旭山，2020）。

「『微型』致冷晶片」及「『正規單級』致冷晶片」之差異在於：微型致冷晶片（晶粒尺寸 $\leq 1\text{mm}$ ）是用很小的晶粒排列組合而成，因此在同樣的面積裡面，可以容納比較多晶粒，由於數目多、尺寸小，故產生的效果是：高電壓、小電流。相對地，正規單級致冷晶片（晶粒尺寸 $\geq 1\text{mm}$ ）則容納較少晶粒，數目少、尺寸大，其電氣規範是：低電壓、大電流。本研究所採用之「致冷晶片」皆為「正規單級」：CL-C067 & TEC1-12706，因為最常用於飲水機冷水製造的「致冷晶片」是 TEC1-12706，且該晶片之正常工作（輸入）電壓為 12V，符合電腦電源供應器之輸出電壓 12V。而 CL-C067 為市面上能購買到表現較佳的「致冷晶片」，其各方面性能皆優於 TEC1-12706，此晶片之正常工作（輸入）電壓也為 12V，也恰符合電腦電源供應器之輸出電壓 12V。

「致冷晶片」外部由上下兩片絕緣的陶瓷基板所構成，內部由多組的 P 型與 N 型碲化鉍系列（Bismuth Telluride Based）熱電材料及導電銅電極串聯構成（見圖 3）（林柏儀，2021）。當電流由電極進入熱電材料時，由於「帕帖爾效應」（Peltier

Effect) 的緣故，在異質材料接合的界面位置將會分別產生吸熱與放熱現象，使得該處的溫度降低與升高（見圖 3）。

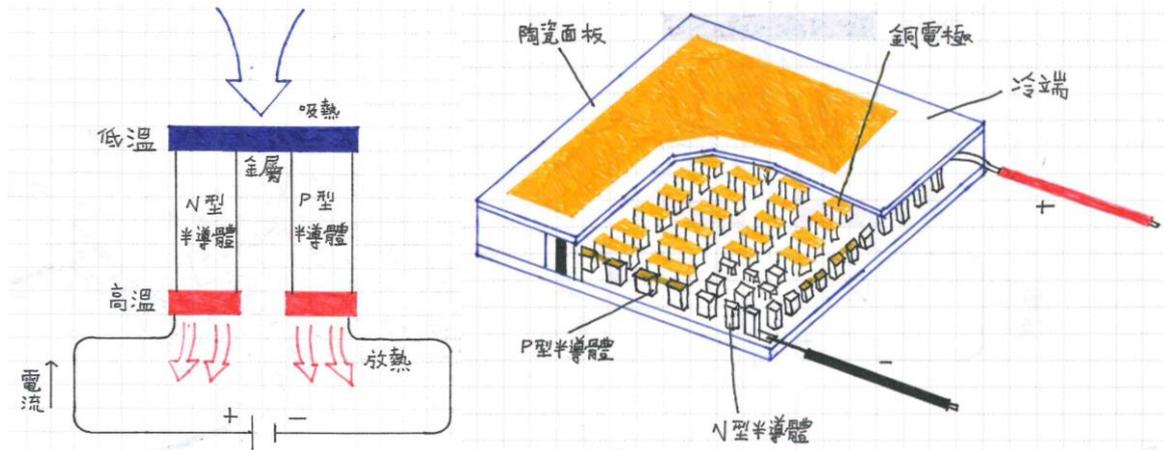


圖 3、「致冷晶片」運作原理與構造示意圖（節錄於原始研究實驗日誌）

致冷晶片的致冷效果與熱面的散熱效果有很大關係。熱面的散熱效果不好，冷面溫度就很難降下來，換句話說：熱面散熱能力只要夠強，冷面的溫度就能降得更低，達到更高效能，為達本研究目的，本研究將先採用一體式水冷設備去協助散熱（見圖 1）。本研究使用之三種致冷晶片型號為：CL-C067、正規單級-TEC1-12706 & TEM1-12715 SR（見下方圖 4）（熱電致冷晶片，2020）。

▼圖 4-1 CL-C067 晶片 ▼圖 4-2 TEC1-12706 晶片 ▼圖 4-3 TEM1-12715 SR 晶片



圖 4、本研究最後採用三款致冷晶片之實體圖

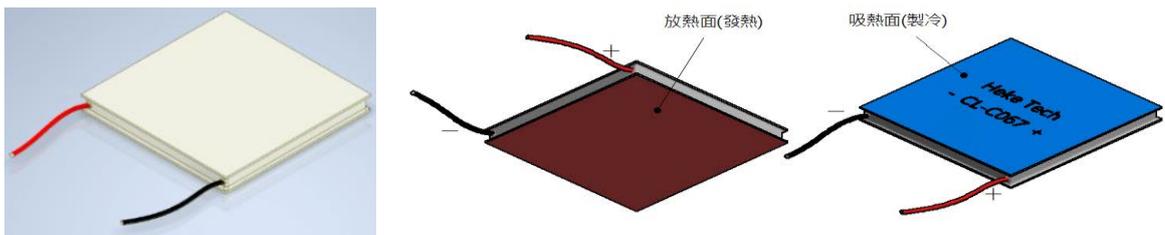
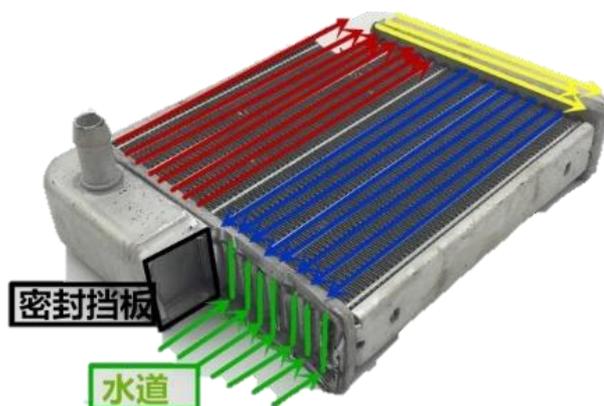


圖 5、「致冷晶片」Inventor 電腦繪圖建模

2. 水冷排（又名：水冷散熱排）

一般來說，水冷系統的散熱裝置有三種：(1) 水冷排（又名：Radiator 散熱排/水冷排）、(2) 被動式散熱水箱 (Passive Reservoir) 以及 (3) 主動式散熱 (T.E.C Cooling/使用半導體致冷片) (林士堯，2019)。本研究將使用第一種水冷系統，也就是水冷排/Radiator 散熱排/水冷排，以下報告內容將簡稱為「水冷排」，水冷排其實是面積龐大的散熱片，吸收了熱能的水冷液（下圖 6 中的紅色箭頭）流入另一端的連通室，通過 6 條扁銅管流到水冷排的另一端（下圖 6 中的藍色箭頭）。水流呈 U 字形路線流動的同時，其熱能會傳遞給 12 條扁銅管，扁銅管再將熱能傳遞給扁銅管之間的波浪形散熱鰭片，最後通常會搭配風扇把鰭片上的熱能吹到空氣中（見下圖 6）。



來源：網路圖片

圖 6、水冷排透過扁銅管與波浪形散熱鰭片將熱量傳遞到空氣中

我們常見的「水冷排」『層數』規格有：單層水道和雙層水道之分，而單層水道的厚度有 25mm、35mm 之分；雙層水道的厚度有 45mm、50mm、55mm、60mm 等，甚至還有厚度達到 104.2mm 的怪獸級散熱排。其中 40mm（含）以下的散熱排一般稱為「薄排」，40mm 以上厚度稱為「厚排」，厚排的散熱能力通常較薄排更優秀，水冷排的散熱面積等於散熱能力，散熱面積越大其散熱能力越強，（張瑞玉，2009）。

本研究在「分區賽」之前所研發的第一代「一體式」致冷模組，採用較經濟的單層「水冷排」；在確定進入到「全國賽」前的二個月期間內，我們又採買了更

高規的「雙層」(厚排)水冷排，後來也順利地改良設計，並成功地研發出第二代「分離式」致冷模組。

▼圖 7-1 120&240 水冷排實體

來源：網路圖片



▼圖 7-2 360 水冷排-電腦建模

電腦建模軟體：Inventor 2020

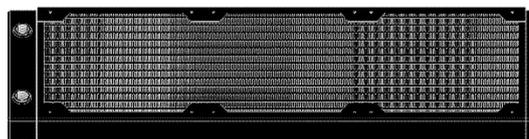


圖 7、單層 120 水冷排、單層 240 水冷排以及單層 360 水冷排電腦繪圖建模

依照「可安裝風扇的數量」來看，冷排從一顆 12cm 風扇的 120 水冷排到可安裝四顆 12cm 風扇的 480 水冷排不等，其中 3 風扇的 360 規格因為體積與效能平衡，使用最多。

表 2 三種常見規格水冷排比較表

水冷排	型號	材質	尺寸 (cm/長*寬*厚)	可裝風扇數
120	120 水冷排	鋁/銅	15.6*12*3.2	1 個
240	240 水冷排	鋁/銅	27.5*12*3.2	2 個
360	360 水冷排	鋁/銅	39.5*12*2.8	3 個

之所以最後選用 240 水冷排而非 120 水冷排（見圖 7），是因為後期實驗進行下來，我們發現：需要散熱面積更大、冷卻效率更快的水冷排，所以 240 的水冷排，最能符合本研究的需求。更因為參加「分區賽」前經費有限的關係，我們只購買「鋁材質」的 120 水冷排以及「鋁材質」的 240 水冷排來進行對照實驗。

(二) 專家諮詢：

諮詢專家的目的是確認我們蒐集到的資料無誤，並依造目前手邊的資源與經費做出最佳化的判斷與研究執行方向，因為本小組成員沒有人堪稱真正的專家，故除了老師以外，我們還需要另外一位專家協助，所以我們透過老師介紹，認識了一位學長並去到他的個人工作室與之進行訪談。經過多次與老師/專家的訪談中，我們找出對本次研究有用的資訊：第一件事就是我們確定了 CPU 水冷系統作為我們研究的主軸與方向。

二、購買「致冷晶片」

在老師與專家的分析過後，於是我們決定先從四種傳統式的「致冷晶片」著手（見表 3），其分析與決策過程，我們以下表來呈現。

表 3 四種致冷晶片規格比較表

晶片	型號	電流	電壓	最低溫	尺寸 (mm/長*寬*厚)	功率	優劣比較	價格
A	CL-C067	6A	12V	-10	40*40*3.87	70W	第一名	次貴
B	TEC1-12702	2A	15.4V	8	40*40*4.2	24W	第三名	便宜
C	TEC1-12706	6A	15.4V	13	40*40*3.87	70W	第四名	便宜
D	TEM1-12715 SR	15A	15.4V	-1	40*40*5.3	140W	第二名	最貴

經測試結果顯示：A 晶片最低溫可達到-10°C，B、C、D 晶片的低溫表現不佳，換句話說，A 晶片的性能超越另外三者。本研究最後採取 A、C 及 D 晶片來呈現實驗結果，之所以放棄 B 晶片實驗數據，是因為 B 晶片與 C 晶片的數據表現一樣差，故我們擇一來呈現實驗對照結果。

三、設計與組裝

(一) 熱電「致冷晶片」散熱模組（自行研發）

本熱電「致冷晶片」散熱模組是本組嘗試多次，並根據老師與專家指導設計的概念圖（圖 1）改良多次後所得的最終原型模組（見圖 10），本設計是以熱電「致冷晶片」之冷端來作為 CPU 之冷卻來源，將 2 片「致冷晶片」的冷端貼合鋁製水冷排，水冷排連結 CPU 水冷頭，管路間以水作為傳導介質，利用水泵將水打入 CPU 水冷頭，水將熱量帶至水冷排散熱，以此循環達到降溫之目的（見圖 9），熱端則由一體式水冷來幫助散熱。第一代本體外圍由「中性矽利康」填補，並用透明 PC 板做包覆密封；第二代本體內部灌入「環氧樹脂」，作為防漏、防水及保冷之功用（見圖 10），使用「環氧樹脂」的優點是：氣泡少、固化速率快、加工方便。第一代整體規格為 86x46x33.8（mm）；第二代整體規格為 206x52x40（mm）。

電腦繪圖軟體：INVENTOR 2022（節錄於原始研究實驗日誌）

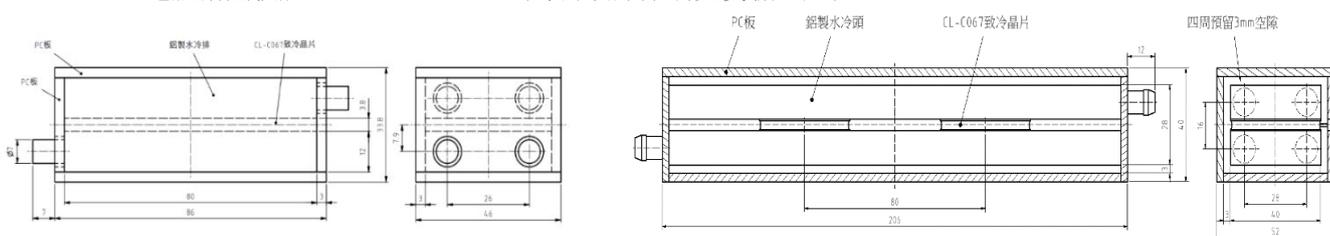


圖 8、自製熱電「致冷晶片」散熱模組規格設計圖（左：第一代；右：第二代）

電腦繪圖軟體：INVENTOR 2022（節錄於原始研究實驗日誌）

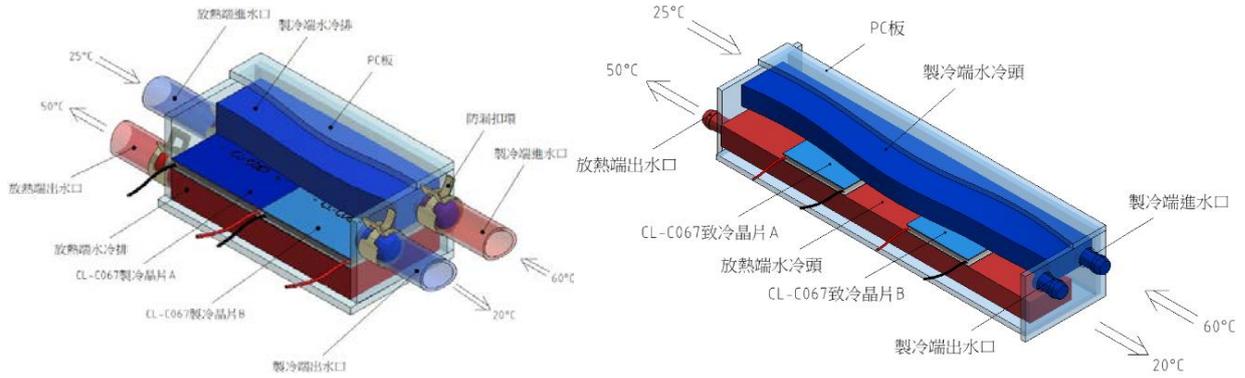


圖 9、自製熱電「致冷晶片」散熱模組立體設計圖（左：第一代；右：第二代）

▼圖 10-1 第一代模組實體照



▼圖 10-2 第二代模組實體照

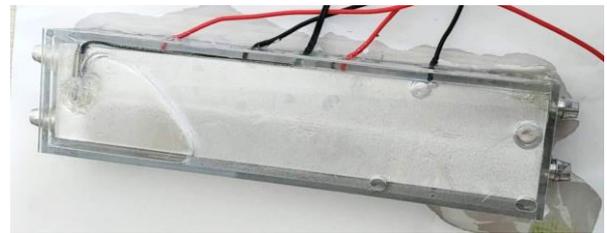


圖 10、自製熱電「致冷晶片」散熱模組實體圖（左：第一代；右：第二代）

(二) 電源與控溫元件

為了能夠讓我們設計的散熱模組能夠在「指定的溫度範圍」內作動，我們需要一個「XH-W1401 智能數顯溫控器」作為此熱電「致冷晶片」模組之電源控制，該規格表詳見表 4。

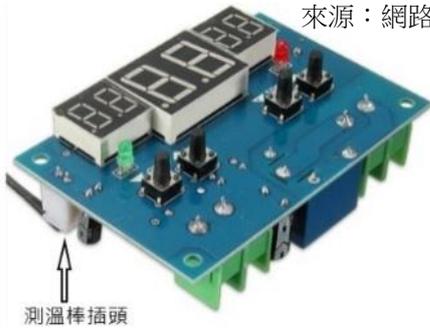
表 4 XH-W1401 智能數顯溫控器的詳細規格

● 型號：XH-W1401	● 尺寸：78x51x2.5mm
● 測溫範圍：-9°C~99°C	● 輸入電壓：DC-12V/24V
● 測溫精度：1°C	● 環境要求：-10°C~60°C/濕度 20%~85%
● 輸入測量：NTC (3950-10K 1%) 防水傳感器	● 刷新率：0.5s

所謂的「指定的溫度範圍」是指：當「散熱模組」內的「致冷晶片」冷端水溫高於某一溫度值，我們希望本「散熱模組」能夠自動啟動，開始進行散熱降溫動作；而當偵測到「散熱模組」內的「致冷晶片」冷端水溫低於某一溫度值，本「散熱模組」能夠自動停止，為了能達到以上的工作目的，故我們需要 XH-W1401 智能數顯溫控器來協助我們進行控溫動作。其詳細工作原理是：當溫控器的傳感器偵測到「散熱模組」內部的「致冷晶片」冷端溫度 \geq 「開始溫度」（見圖 11-2）時，溫控器的繼電器閉合，此時「散熱模組」開始進行散熱動作。反之，當溫控器的傳感器偵測到「散熱模組」內部的「致冷晶片」冷端溫度 \leq 「停止溫度」（見圖 11-2）時，溫

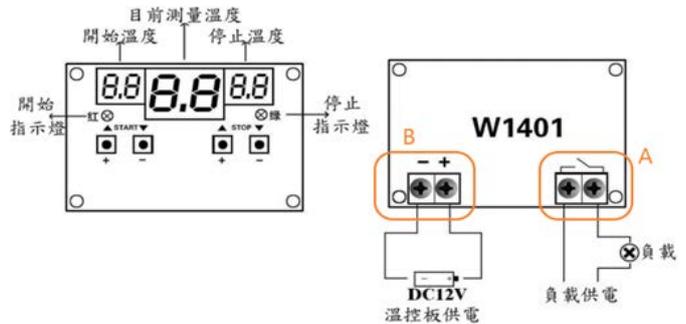
控器的繼電器則斷開，此時「散熱模組」停止進行散熱動作，此設定是為了防止「散熱模組」的冷端持續致冷，導致冷端水路結冰或管路外圍凝結水珠，進而造成電腦內部的電子零件受潮損壞。本研究的新設計係將負載（即「散熱模組」內部的「致冷晶片」）之電源【A 處】接至溫控板之供電處【B 處】（見下圖 11-2 與 11-3）

▼圖 11-1 XH-W1401 智能數顯溫控器

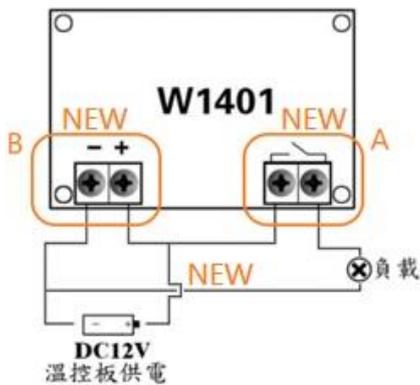


來源：網路圖片

▼圖 11-2 溫控器之面板與原本設計接線圖



▼圖 11-3 溫控器新設計接線圖



▼圖 11-4 實際電路接線圖（電腦建模）

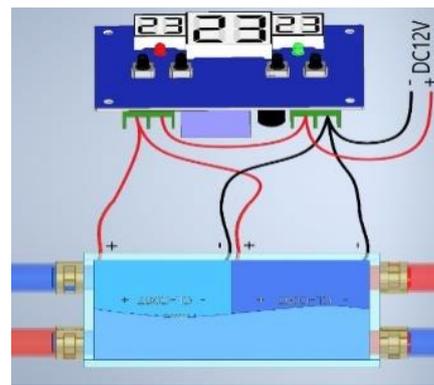


圖 11、控溫元件與第一代/第二代散熱模組接線圖

(三) 散熱模組與控溫元件之組裝



圖 12、組裝實體圖（左：第一代；右：第二代）

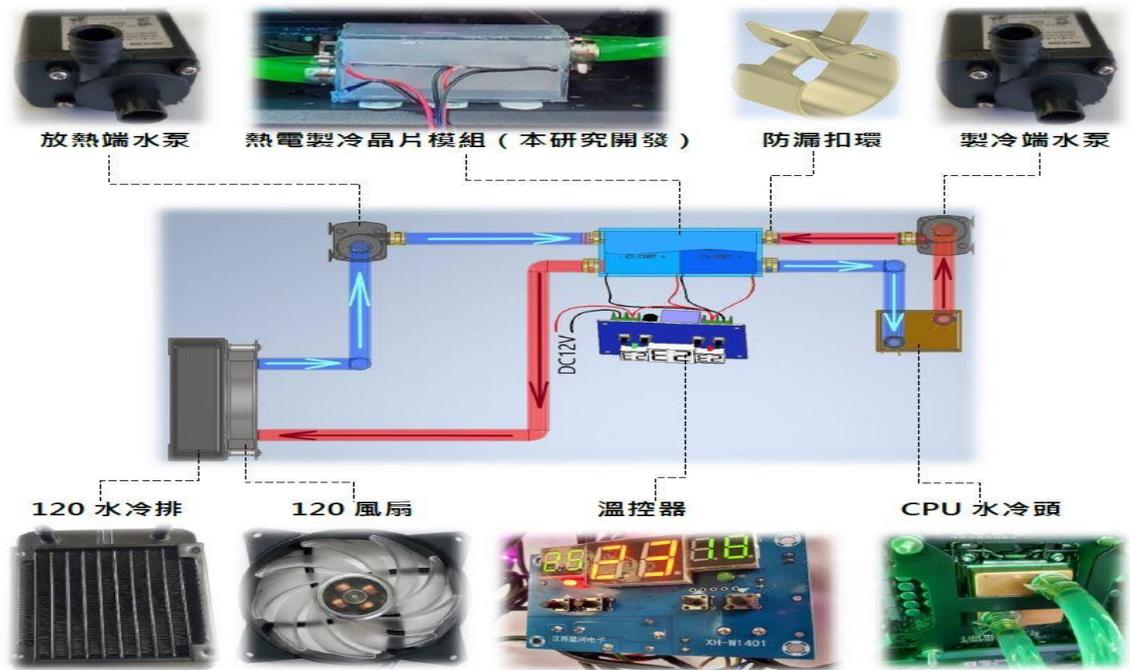


圖 13、第一代「一體式」致冷模組之組裝示意圖

上圖 13 為致冷晶片模組與控溫器及管路配置之整體組裝示意圖。前頁圖 12 為第一代與第二代致冷模組之實體照，圖 12 左圖（第一代）的左方管路及右圖（第二代）的上方管路為模組的致冷區迴路，也就是連接 CPU 水冷頭的那一端，而圖 12 左圖（第一代）右方管路與右圖（第二代）的下方管路為模組的放熱區迴路，各別連接至機殼上方的 240 水冷排（薄排）與 360 水冷排（薄排），兩模組之總電源皆由電腦之電源供應器供應。

(四) 實驗步驟

為符合「存疑創新、即物窮理」的科學精神與「客觀理智、嚴密徹底」的科學實驗態度，本研究一路經過不斷更改與進行滾動式修正，執行了一系列的實驗，下頁圖 14 為實驗進程圖之總整理。

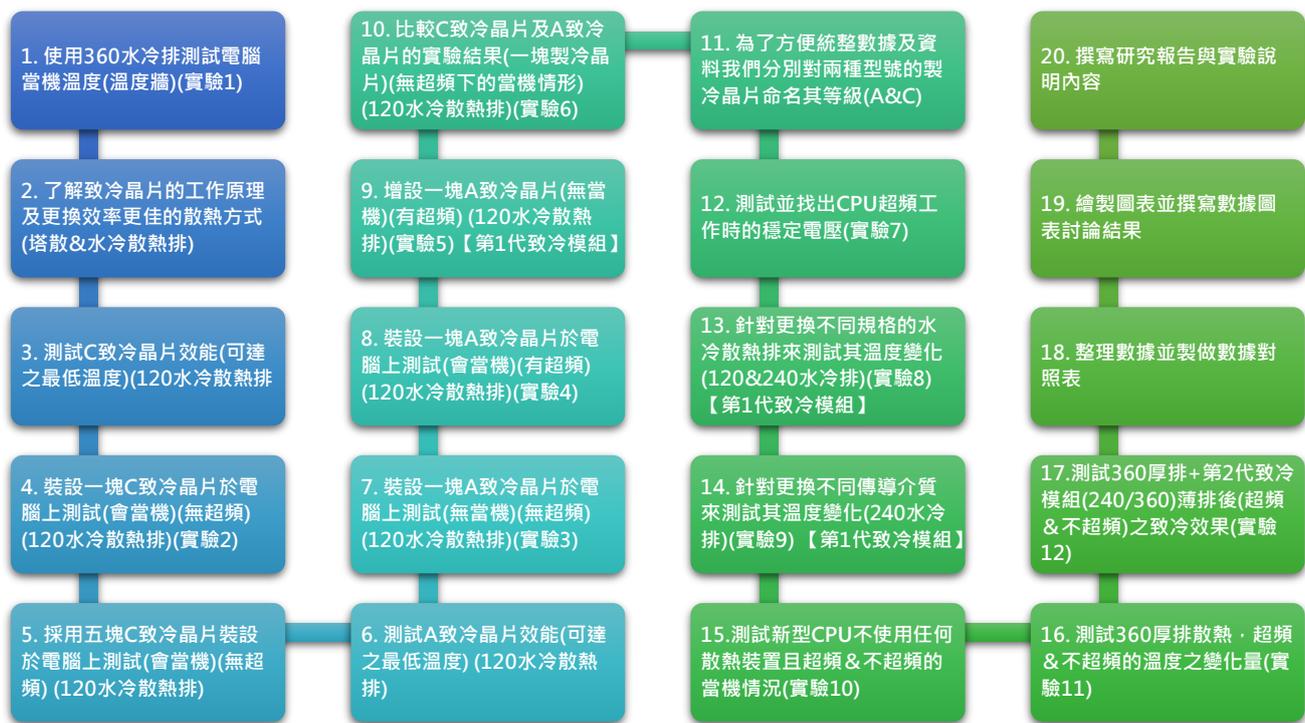


圖 14、實驗進程圖

下表（表 5）針對上方圖 14 我們的實驗進程，做進一步的細節說明。

表 5 實驗步驟詳述表

編號	實驗進程說明	變因	研究成果呈現於
1	使用 360 水冷排（薄排）做散熱，進行烤機，找出電腦 CPU 的當機溫度，進而推算當機「溫度牆」	操作變因：無 控制變因：無	實驗 1
2	查詢晶片的構造及原理，了解熱端的散熱方式，並找出效率較高的散熱方式	操作變因：散熱方式 控制變因：晶片塊數	不呈現
3	測試初始購買的致冷晶片其熱端利用 120 水冷排（薄排）散熱時，其冷端可達到的最低溫度	操作變因：無 控制變因：無	不呈現
4	將一片初始購買之晶片裝於電腦，熱端用 120 水冷排（薄排）散熱，不超頻情況下測試電腦會不會當機	操作變因：無 控制變因：無	實驗 2
5	由於一片晶片無法讓電腦穩定運行，於是將晶片加至五片，並測試電腦會不會當機	操作變因：無 控制變因：無	不呈現
6	因使用五片晶片皆無法讓電腦穩定運行，我們又購入新晶片，並測試其冷端可達到的最低溫度	操作變因：無 控制變因：無	不呈現
7	將一片新購買之晶片設於電腦，熱端使用 120 水冷排（薄排）散熱，在不超頻情況下測試其電腦會不會當機	操作變因：無 控制變因：無	實驗 3
8	使用一片新購入的晶片在不超頻的情況下，電腦不當機，於是我們在超頻後測試電腦會不會當機	操作變因：無 控制變因：無	實驗 4
9	使用一片新購入的晶片在超頻後，電腦即發生當機，於是將晶片加至兩塊，並測試在超頻後電腦會不會發生當機	操作變因：無 控制變因：無	實驗 5 【第 1 代致冷模組】
10	使用兩片晶片時，在超頻後電腦不再當機，於是我們比較兩種型號的晶片，皆為一片及使用 120 水冷排（薄排）散熱、皆無超頻的情況下的表現	操作變因：致冷晶片型號 控制變因：輸入電壓 應變變因：量測水溫	實驗 6

11	方便統計及整理數據，分別對兩種型號的晶片依據其以上實驗的表現命名其等級	操作變因：無 控制變因：無	不呈現
12	針對以上實驗做實驗說明，測量 CPU 在超頻時的電壓，以說明以上實驗的超頻量質選擇在 5GHz 時即停止	操作變因：超頻量值 控制變因：測量時間、室溫 應變變因：量測電壓	實驗 7
13	換不同的水冷排並測試其超頻後 CPU 的溫度變化，原先使用 120 水冷排（薄排），後來更換成 240 水冷排（薄排）	操作變因：水冷排規格 控制變因：晶片型號、室溫...等 應變變因：量測水溫	實驗 8 【第 1 代致冷模組】
14	針對更換不同的傳導介質（水冷液）來測量其 CPU 的溫度變化，我們原先使用自來水作為傳導介質，後來我們想到使用汽車用水箱精來做為傳導介質	操作變因：傳導介質 控制變因：晶片型號、室溫...等 應變變因：量測水溫	實驗 9 【第 1 代致冷模組】
15	更換更高規的 CPU 及主機板，在無超頻/超頻且無任何散熱裝置下，測量其當機時間及溫度變化	操作變因：是否超頻 控制變因：時間、室溫...等 應變變因：量測水溫	實驗 10*
16	使用 360 水冷排（厚排）散熱，測量 CPU 超頻與否的溫度變化	操作變因：是否超頻 控制變因：時間、室溫...等 應變變因：量測水溫	實驗 11*
17	使用 360 水冷排（厚排）加上第二代致冷模組散熱，致冷模組分別使用 240&360 水冷排（薄排）散熱，測量 CPU 超頻與否的溫度變化	操作變因：是否超頻 控制變因：時間、室溫...等 應變變因：量測水溫	實驗 12* 【第 2 代致冷模組】
18	整理各項實驗數據並製作圖表	操作變因：無 控制變因：無	研究結果

*科展「分區賽」之後到「全國賽」前，新執行的研究實驗

肆、研究結果

一、「致冷晶片」的實驗 1：找出 CPU 在不超頻情形下，烤機時的當機情形

當 CPU 運作到某一溫度值就會自動降頻，更嚴重的情況就是當機，或稱作為「藍屏」，我們稱這個溫度臨界值就是「溫度牆」，為了找出一般 CPU 會發生當機的溫度，我們進行了以下的設定實驗：電腦主機在 CPU 不超頻情形下（3.7GHz），使用市售之一體式 360 水冷排進行 CPU 散熱（目前還未使用致冷晶片），利用軟體「ADIA 64」去進行 CPU 的烤機（燒機）實驗（即：系統穩定性測試）。以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 6 實驗 1 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：無	● 水冷系統型式：一體式
● 致冷晶片片數：無	● CPU：I7-8700K（第一代模組）
● CPU 工作頻率：3.7GHz（不超頻）	● 主機板：ROG MAXIMUS S Formula
● 晶片/CPU 水冷排規格：無/360 薄排	● 模組水冷頭尺寸：無
● 水冷液介質：水	● 主要量測數據值：CPU 當機的發生時刻與溫度概值
● 實驗時間：30 分鐘	

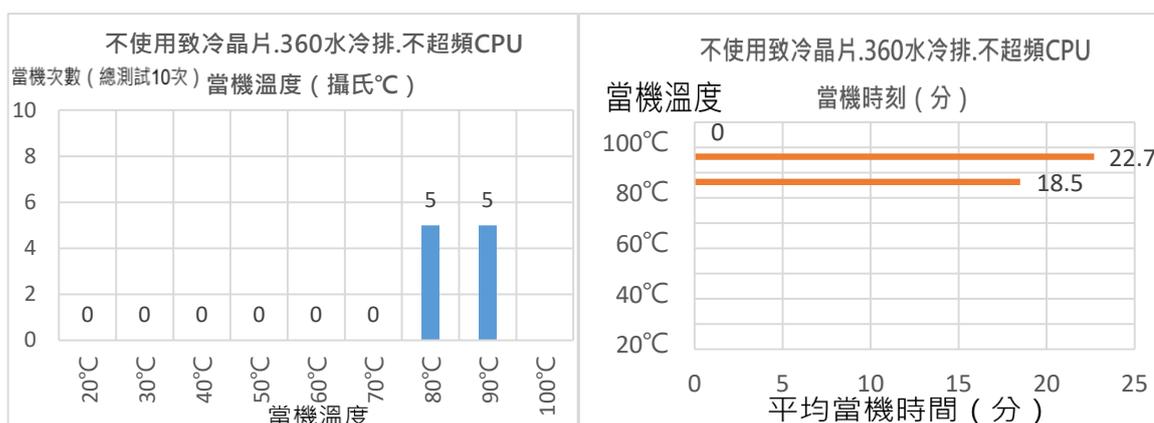


圖 15、CPU 當機次數 (不使用致冷晶片) 圖 16、CPU 當機時間 (使用 360 水冷)

綜合圖 15、16 的資料，我們推測大約 85°C 左右即為此主機板所設定的「溫度牆」，並且在不超頻的情況下，使用 360 水冷排進行散熱，並烤機到大約 20 分鐘時，電腦會開始發生當機情形。

二、「致冷晶片」的實驗 2：使用一塊規格 C 致冷晶片 (正規單級 TEC1-12706) 且 CPU 在不超頻 (3.7GHz) 的情形下烤機的當機情形

我們先使用了一塊規格 C 致冷晶片 (正規單級 TEC1-12706)，熱端使用 120 水冷排進行散熱，然後執行同一套軟體「ADIA 64」進行烤機實驗，測試電腦 CPU 在不超頻情形下 (3.7GHz) 會不會造成電腦發生當機的現象。以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 7 實驗 2 的設定資訊表

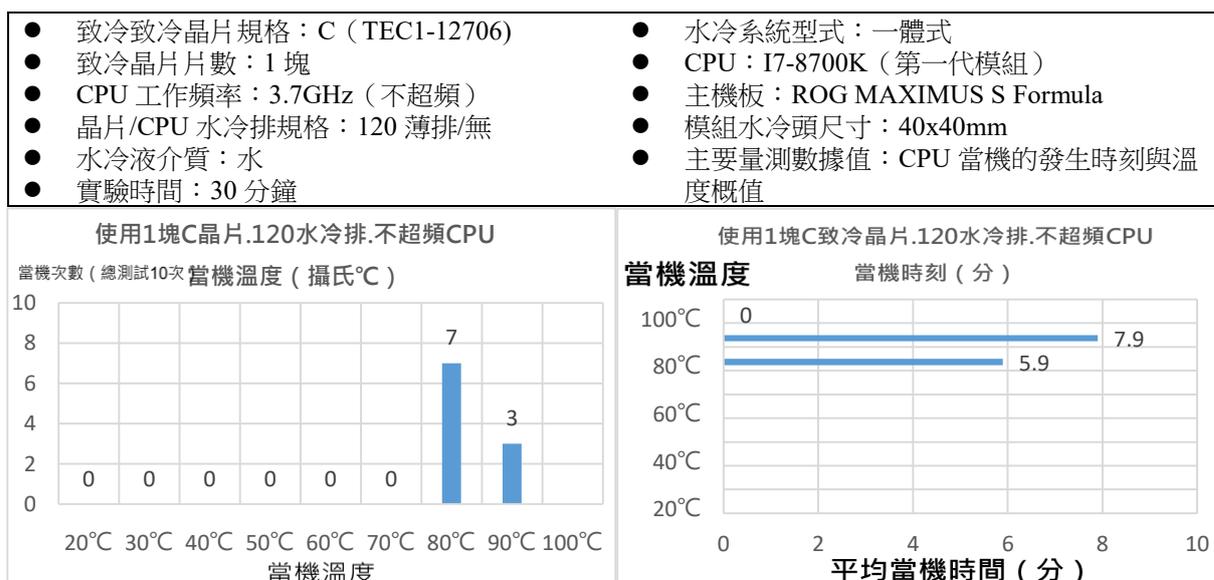


圖 17、一塊致冷晶片 C 當機次數

圖 18、一塊致冷晶片 C 當機時間

從圖 17、圖 18 我們可以發現在不超頻 (3.7GHz) 情況下進行一般文書處理約 5 分鐘左右溫度就達到 80 度左右，當機次數高達 7 次，因溫度已經達到溫度牆導致系統不穩定而當機或藍屏。後來我們研究發現：把規格 C 晶片加到 5 片並且在不超頻(3.7GHz) 情況下進行烤機，還是會發生當機的現象。

三、「致冷晶片」的實驗 3：使用一塊 A 致冷晶片（正規單級 CL-C067）且 CPU 在不超頻（3.7GHz）情形下烤機時的當機情形

由於規格 C 致冷晶片的效果不如預期，於是我們又購置了一塊規格 A 致冷晶片（正規單級 CL-C067），熱端使用 120 水冷排散熱，在 CPU 不超頻下，利用軟體「ADIA 64」進行烤機實驗，測試電腦會不會發生當機的現象，以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 8 實驗 3 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：A (CL-C067)	● 水冷系統型式：一體式
● 致冷晶片片數：1 塊	● CPU：I7-8700K (第一代模組)
● CPU 工作頻率：3.7GHz (不超頻)	● 主機板：ROG MAXIMUS S Formula
● 晶片/CPU 水冷排規格：120 薄排/無	● 模組水冷頭尺寸：40x40mm
● 水冷液介質：水	● 主要量測數據值：CPU 當機的發生時刻與溫度概值
● 實驗時間：30 分鐘	

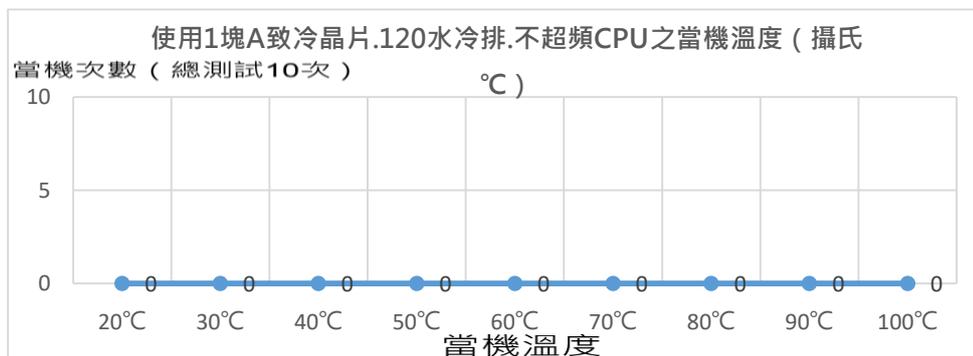


圖 19、一塊致冷晶片 A 當機次數

從圖 19 可知：當中得知使用一塊規格 A 致冷晶片在 CPU 不超頻下 (3.7GHz)，十次烤機測試過程中，都沒有發生當機的情形。

根據實驗 1~3，我們彙整出以下圖表，以顯示在不同情況下 CPU 的當機次數。

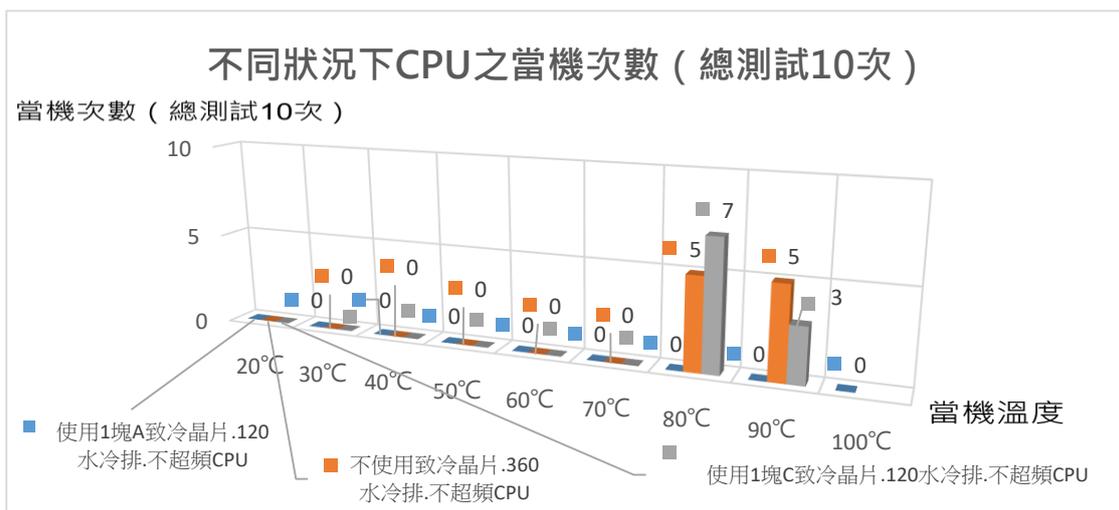


圖 20、不同致冷晶片使用下的不超頻當機次數比較圖

從圖 20 可知：當使用或使用致冷晶片 C 的情況下，CPU 會在大約 80 度左右都會開始發生當機的現象。實驗至此證明了 C 晶片在本實驗中的效能遠不如 A 晶片。

四、「致冷晶片」的實驗 4：一塊規格 A 致冷晶片（正規單級 CL-C067）的超頻並使用「ADIA 64」進行烤機實驗

當提升 CPU 工作頻率（超頻）的情況下，是否使用一塊「致冷晶片」也能達到相同的效果呢？換句話說，我們想知道：當 CPU 搭配一塊「A 致冷晶片」，它能夠超頻達到的極限值（GHz）為何？，以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 9 實驗 4 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：A (CL-C067)	● 水冷系統型式：一體式
● 致冷晶片片數：1 塊	● CPU：I7-8700K (第一代模組)
● CPU 工作頻率：3.8GHz~5GHz	● 主機板：ROG MAXIMUS S Formula
● 晶片/CPU 水冷排規格：120 薄排/無	● 模組水冷頭尺寸：40x40mm
● 水冷液介質：水	● 主要量測數據值：單片 A 規格致冷晶片與 120 水冷排的超頻極限值
● 實驗時間：30 分鐘	

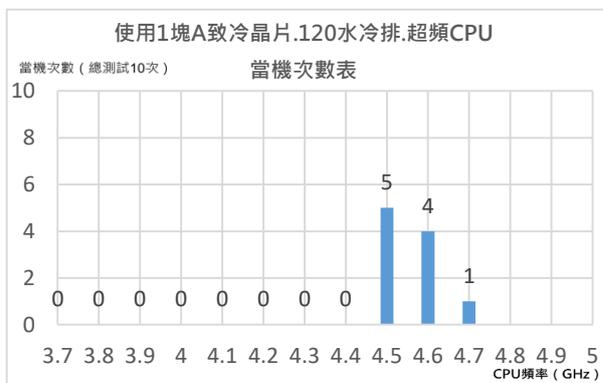


圖 21、1 塊 A 致冷晶片當機次數表

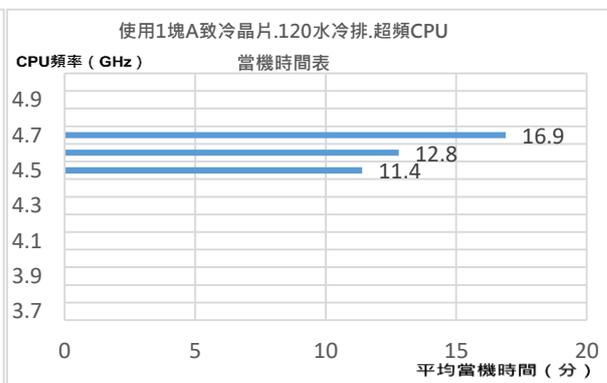


圖 22、1 塊 A 致冷晶片當機時間表

綜合圖 21、圖 22 我們可以知道當使用一塊「規格 A 致冷晶片」時，其可以超頻的最高頻率值是 4.7GHz，因為十次測試裡只有一次在 4.7GHz 時沒有當機，若是繼續往上增加超頻值，將可能發生當機。

五、「致冷晶片」的實驗 5：二塊「規格 A 致冷晶片」的超頻實驗

當我們總共使用兩片「致冷晶片」，在超頻後執行軟體「ADIA 64」進行烤機實驗，情況又是如何呢？以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 10 實驗 5 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：A (CL-C067)	● 水冷系統型式：一體式
● 致冷晶片片數：2 塊	● CPU：I7-8700K (第一代模組)
● CPU 工作頻率：3.8GHz~5GHz	● 主機板：ROG MAXIMUS S Formula
● 晶片/CPU 水冷排規格：120 薄排/無	● 模組水冷頭尺寸：40x80mm
● 水冷液介質：水	● 主要量測數據值：CPU 當機的發生時刻與溫度概值
● 實驗時間：30 分鐘	

實驗結果表示：一天內皆無當機情況發生，甚至當超頻到 5GHz 時都不會當機。

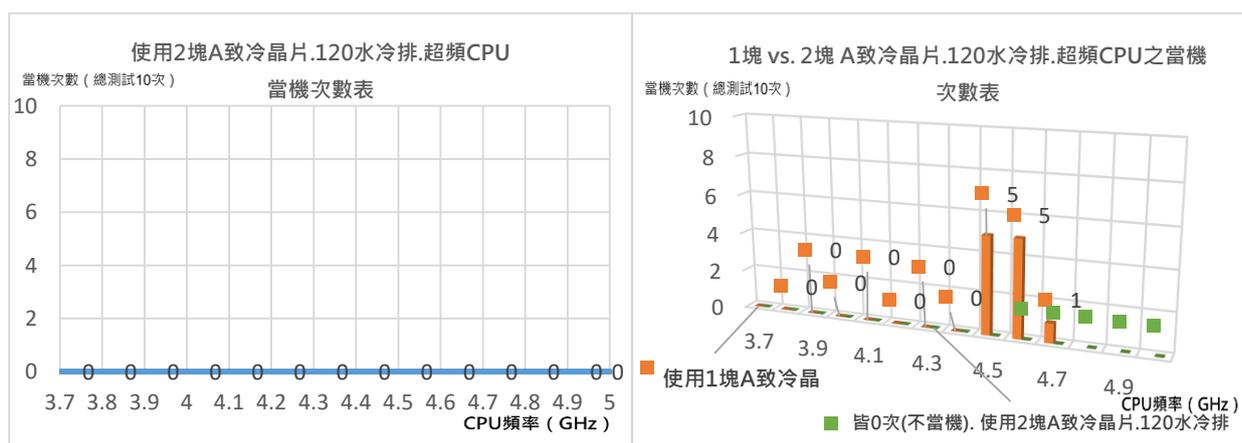


圖 23、2 塊 A 規格致冷晶片 CPU 當機次數 圖 24、不同致冷晶片塊數超頻當機次數圖

綜合圖 23、圖 24 得知，2 塊規格 A 致冷晶片在超頻 (5GHz) 後烤機不會當機，故而得知 2 塊規格 A 致冷晶片能有效壓制住 CPU 的發熱量。

六、實驗 6：上述實驗五之超頻的最大電壓監測 (執行軟體「ADIA 64」進行烤機實驗)：

之所以進行到超頻值+1.3 (亦即 3.7+1.7=5GHz)，就不往上增加超頻值的原因是，因為此型號 CPU (I7-8700K) 的額定工作電壓值必須在 1.5V 以內才算安全，當超頻值增加到 5GHz 附近時，就很接近 CPU 的額定工作電壓值 1.5V，若繼續增加超頻值，就會造成 CPU 燒壞，為了安全起見，我們決定就此打住。以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 11 實驗 6 的設定資訊表

<ul style="list-style-type: none"> ● 致冷致冷晶片規格：A (CL-C067) ● 致冷晶片片數：2 塊 ● CPU 工作頻率：3.8GHz~5GHz ● 晶片/CPU 水冷排規格：120 薄排/無 ● 水冷液介質：水 ● 實驗時間：30 分鐘 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水冷系統型式：一體式 ● CPU：I7-8700K (第一代模組) ● 主機板：ROG MAXIMUS S Formula ● 模組水冷頭尺寸：40x80mm ● 主要量測數據值：CPU 工作電壓 (V)、CPU 工作效能提升%
--	--

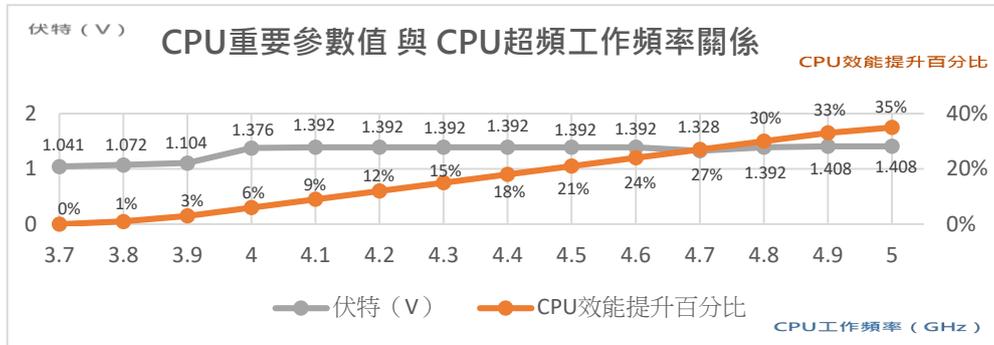


圖 25、CPU 重要參數值 與 CPU 超頻工作頻率關係

表 12 CPU 超頻量值與 CPU 電壓關係記錄表

	最大電壓 (V) 記錄表												
工作頻率 (GHz)	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5
效能提升 (%)	1%	3%	6%	9%	12%	15%	18%	21%	24%	27%	30%	33%	35%
伏特 (V)	1.072	1.104	1.376	1.392	1.392	1.392	1.392	1.392	1.392	1.328	1.392	1.408	1.408

綜合表 12 以及圖 25 我們得知，頻率值 (GHz) 越高則 CPU 的電壓就會越高，當電壓升到 1.408V 左右就會撞「溫度牆」導致系統不穩定而藍屏或當機。超頻到達 5GHz 時，CPU 性能提升 35%，下方左圖 (圖 26) 為 BIOS 計算第一代 CPU 性能後的開機畫面，下方右圖 (圖 27) 則是第二代 CPU 跑分軟體的畫面，這是因應更高規的主機板與 CPU 而採取的測試性能方法。

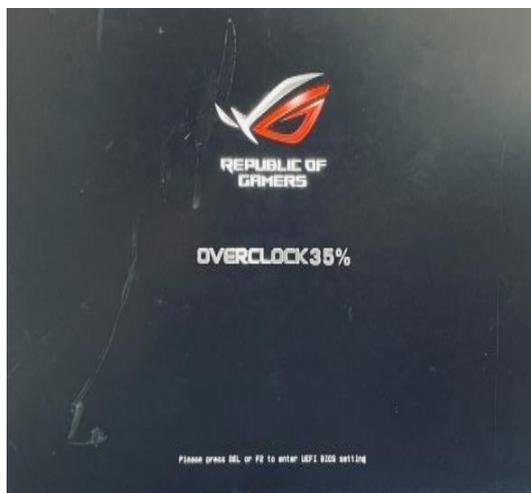


圖 26、CPU 效能提升 35%



圖 27、CINEBENCH R23 CPU 跑分

七、「致冷晶片」的實驗 7：不同 A 規格「致冷晶片」數量的溫度

以下針對 A 規格「致冷晶片」1 塊 vs. 2 塊超頻 (5GHz) 的狀況，並執行軟體「ADIA 64」進行烤機實驗，以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 13 實驗 7 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：A (CL-C067)	● 水冷系統型式：一體式
● 致冷晶片片數：1/2 塊	● CPU：I7-8700K (第一代模組)
● CPU 工作頻率：5GHz (超頻)	● 主機板：ROG MAXIMUS S Formula
● 晶片/CPU 水冷排規格：120 薄排/無	● 模組水冷頭尺寸：40x40mm/40x80mm
● 水冷液介質：水	● 主要量測數據值：一塊 A 與兩塊 A 的超頻對比
● 實驗時間：60 分鐘	

表 14 不同規格 A 致冷晶片塊數在 CPU 超頻後烤機的溫度資訊記錄表

時間 (分)	「致冷晶片」冷卻區水冷液的平均溫度 (攝氏°C)						
	00:00	10:00	20:00	30:00	40:00	50:00	60:00
1 塊	30°C	50°C	53°C	57°C	57°C	57°C	57°C
溫度增加量	0°C	20°C	23°C	27°C	27°C	27°C	27°C
2 塊	30°C	47°C	48°C	48°C	48°C	48°C	48°C
溫度增加量	0°C	17°C	18°C	18°C	18°C	18°C	18°C

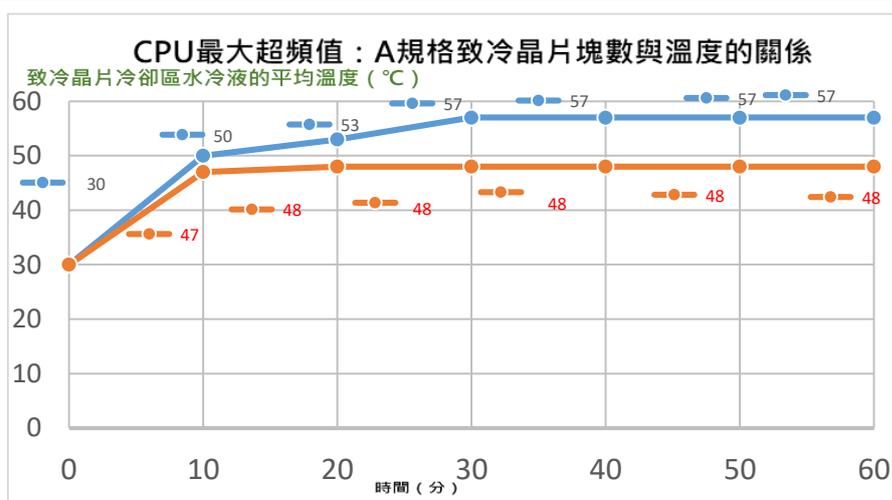


圖 28、A 規格致冷晶片塊數與溫度的關係

綜合圖 28 以及表 14 我們可以知道：使用 2 塊 A 規格「致冷晶片」會比使用 1 塊的溫度有效降低大約 9°C 左右。

八、「致冷晶片」的實驗 8：不同規格水冷排的溫度

我們進一步針對改換不同規格的水冷排 (120 vs. 240) 進行實驗，使用兩塊 A 規格致冷晶片，熱端使用不同規格的水冷排 (120 vs. 240) 進行散熱，在超頻 5GHz 後，執行軟體「ADIA 64」進行烤機實驗，以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 15 實驗 8 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：A (CL-C067)	● 水冷系統型式：一體式
● 致冷晶片片數：2 塊	● CPU：I7-8700K (第一代模組)
● CPU 工作頻率：5GHz (超頻)	● 主機板：ROG MAXIMUS S Formula
● 晶片/CPU 水冷排規格：120 薄排&240 薄排/無	● 模組水冷頭尺寸：40x80mm
● 水冷液介質：水	● 主要量測數據值：120 水冷排與 240 水冷排差別對比
● 實驗時間：60 分鐘	

表 16 不同規格水冷排下 CPU 超頻後的溫度資訊記錄表 (使用 2 片 A 致冷晶片)

時脈數 (5GHz)	配置	「致冷晶片」致冷 (吸熱) 區水冷液的平均溫度 (攝氏°C)						
水冷排	時間	00:00	10:00	20:00	30:00	40:00	50:00	60:00
120	1 個風扇	22°C	45°C	46°C	48°C	48°C	48°C	48°C
240	2 個風扇	22°C	49°C	49°C	49°C	49°C	49°C	49°C

表 17 不同水冷排與不同塊數致冷晶片下 CPU 超頻後的溫度資訊記錄表

時脈數 (5GHz)	風扇數	「致冷晶片」致冷 (吸熱) 區水冷液的平均溫度 (攝氏°C)							
水冷排	A「致冷晶片」	時間	00:00	10:00	20:00	30:00	40:00	50:00	60:00
360	無「致冷晶片」	風扇 x3	22°C	77°C	85°C	因多次當機無法測量			
120	「致冷晶片」x2	風扇 x1	22°C	45°C	46°C	48°C	48°C	48°C	48°C
240	「致冷晶片」x2	風扇 x2	22°C	45°C	49°C	49°C	49°C	49°C	49°C

圖 29、不同規格水冷排與溫度的關係

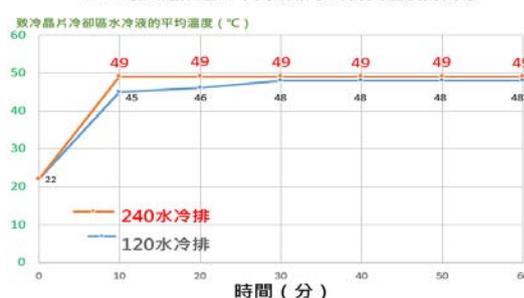


圖 30、不同狀況下本散熱模組與溫度的關係

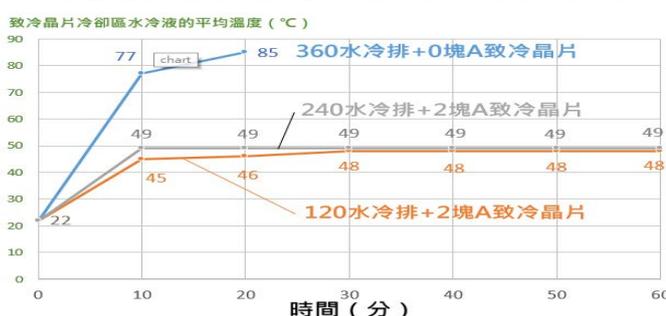


圖 29、不同規格水冷排與溫度的關係

圖 30、不同狀況下本散熱模組與溫度的關係

綜合表 16 以及圖 29，我們發現：兩組溫度在 30 分鐘以後，溫度均維持在一定值，且兩組溫度差別不大，詳細討論見「伍、討論」一、(五)點 (p.27)。

綜合表 17 以及圖 30，我們發現：市售 360 水冷排無法壓低 5GHz 時超頻烤機後 CPU 的溫度，但是我們開發的致冷晶片模組卻可以壓制住超頻 5GHz 烤機後的 CPU 溫度。

九、「致冷晶片」的實驗 9：使用不同的水冷液 (傳導介質)

接下來，我們要問一個問題，如果更換傳導介質 (水) 呢？我們想到了汽車使用的水箱精。因為水箱精的特性是傳導效率高，熱交換率高，並且取得容易。

兩塊「規格 A 致冷晶片」，使用 240 水冷排散熱，在超頻 5GHz 後，執行軟體「ADIA 64」進行烤機實驗。以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 18 實驗 9 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：A (CL-C067)	● 水冷系統型式：一體式
● 致冷晶片片數：2 塊	● CPU：I7-8700K (第一代模組)
● CPU 工作頻率：5GHz (超頻)	● 主機板：ROG MAXIMUS S Formula
● 晶片/CPU 水冷排規格：240 薄排/無	● 模組水冷頭尺寸：40x80mm
● 水冷液介質：純水/純水+水箱精/水箱精	● 主要量測數據值：不同水冷液介質比例對於溫度上的變化
● 實驗時間：60 分鐘	

表 19 不同水冷液情況下 CPU 超頻 (5GHz) 溫度資訊記錄表 (5GHz)

水冷液	「致冷晶片」致冷 (吸熱) 區水冷液的平均溫度 (攝氏°C)						
時間	00:00	10:00	20:00	30:00	40:00	50:00	60:00
純水	17°C	45°C	46°C	48°C	48°C	48°C	48°C
各 50%	17°C	46°C	48°C	48°C	48°C	48°C	48°C
純水箱精	17°C	48°C	50°C	50°C	50°C	50°C	50°C

CPU 最大超頻值：不同水冷液介質與溫度的關係

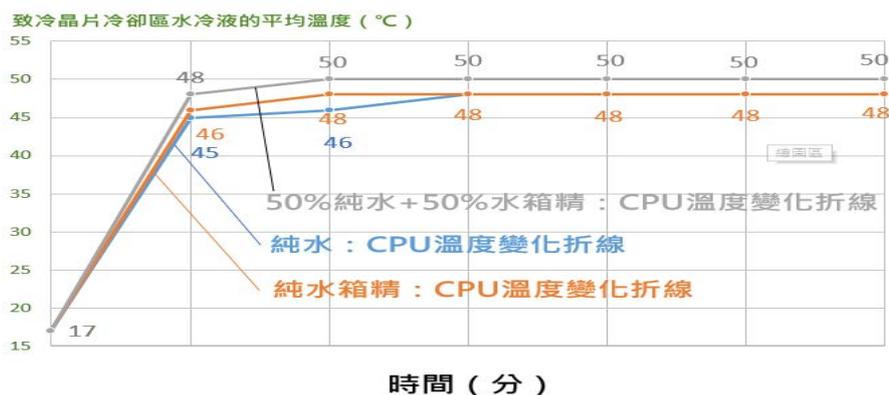


圖 31、在不同水冷液介質中的溫度變化比較圖

綜合表 19 與圖 31 的結果：我們發現，使用水箱精作為傳導介質的 CPU 溫度比使用純水或是使用各 50% 的溫度來得高 (見時間點 20:00)，於是本組發現一個重要的現象：因為水箱精的冷熱交換率比純水來得高，所以傳導介質水箱精在單位時間內所帶走的 CPU 熱量效果應該比純水好，所以在單位時間內所量測出來的溫度值才會比較高。

十、「致冷晶片」的實驗 10：使用高規 CPU 及主機板，在無任何散熱裝置下，進行超頻與否的溫度變化比較

在「分區賽」與「全國賽」中間的二個月，為貫徹「實事求是、精益求精」的科學態度，本組在老師要求下重新檢視想法與設計，制定了短期的研究方向，以下是新的設計圖與想法，基本上實驗 10 到實驗 12，皆是以此當作研發架構。

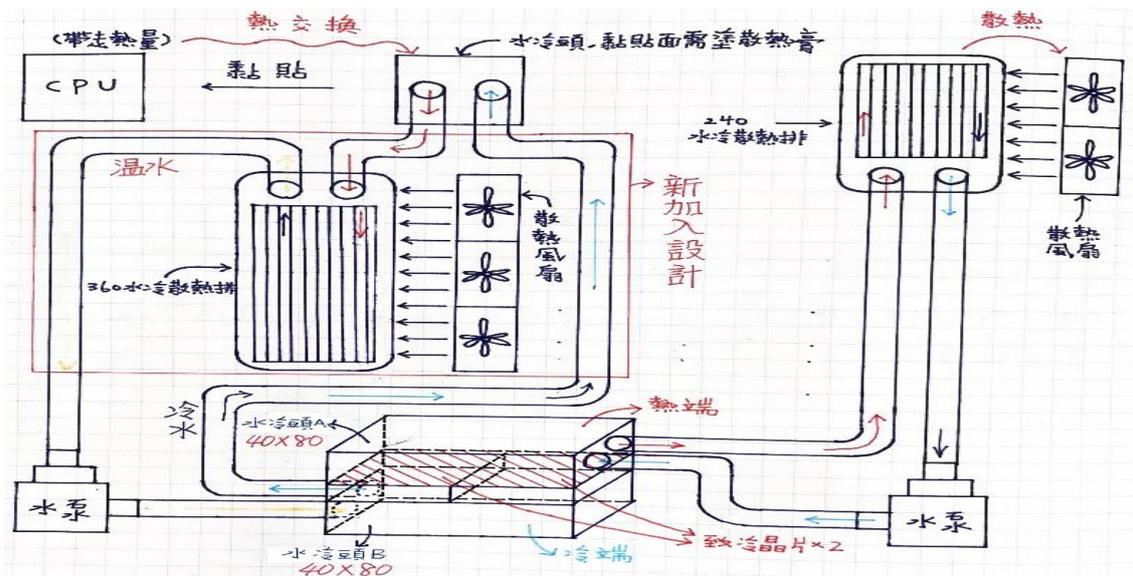


圖 32、第二代致冷模組改良研究設計概念圖（節錄於原始研究實驗日誌）

在概念圖（見圖 32）的左方，我們在流路系統中，加入了 360 水冷排(雙層/厚排)，並藉由 3 組風扇進行散熱工作，之所以會有這樣設計的想法，是因為對於未來更高階的 CPU 將會產生更多熱量的這一點，我們擔心以第一代的散熱模組設計，不足以應付其高溫挑戰，故我們想到了一種解決方案，就是：在致冷模組致冷端的流路中加入一組 360 水冷排，之所以選擇 360 水冷排，這是因為 360 水冷排是目前市場上最常見的規格。

接下來，我們要問一個問題，在不使用任何散熱裝置的情況下，高規格 CPU 的超頻與否，其真實的溫度表現狀況是如何呢？以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 20 實驗 10 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：無	● 水冷系統型式：無
● 致冷晶片片數：無	● CPU：I9-12900K（第二代模組）
● CPU 工作頻率：3.2GHz（不超頻）/5.5GHz（超頻）	● 主機板：ROG MAXIMUS Z690 E XTREME GLACIAL
● 晶片/CPU 水冷排規格：無/無	● 模組水冷頭尺寸：無
● 水冷液介質：水冷液	● 主要量測數據值：CPU 當機的發生時刻與溫度概值
● 實驗時間：60 分鐘	

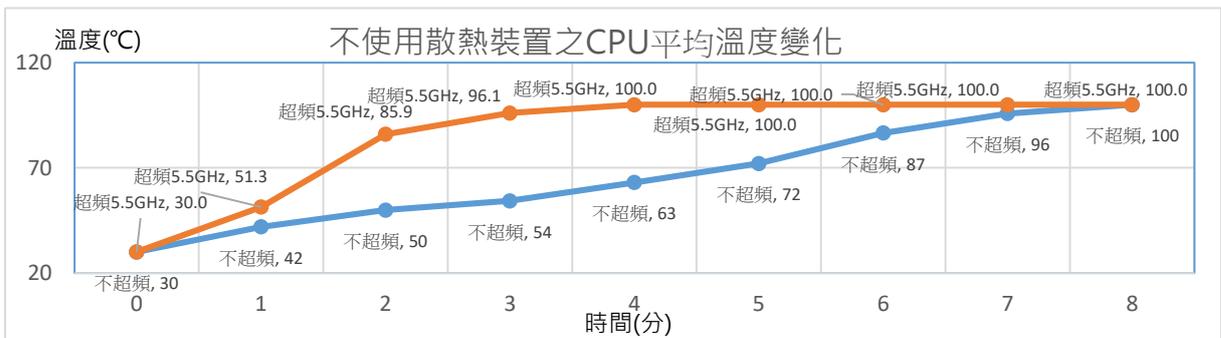


圖 33、Intel 第 12 代 CPU 超頻與否之時間與溫度的比較圖

由圖 33 的結果，我們發現：在不使用散熱裝置並不超頻（3.2GHz）的情況下，直到 7~8 分鐘左右，才會達到 100°C 當機溫度，但如果不使用散熱裝置而冒然超頻 5.5GHz 的話，才運行到 3~4 分鐘時，Intel 第 12 代 CPU 就會提早達到 100°C 的當機溫度。

十一、「致冷晶片」的實驗 11：使用高規 CPU 及主機板，使用 360 厚排散熱裝置，執行軟體「ADIA 64」進行烤機實驗，量測超頻與否的溫度變化並進行比較

接下來，我們要問一個問題，在只使用 360 厚排，但尚未加裝第二代致冷模組的情況下，高規格 CPU 的超頻與否，其真實的溫度表現狀況又是如何呢？以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 21 實驗 11 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：無	● 水冷系統型式：無
● 致冷晶片片數：無	● CPU：I9-12900K（第二代模組）
● CPU 工作頻率：3.2GHz（不超頻）/5.5GHz（超頻）	● 主機板：ROG MAXIMUS Z690 E XTREME GLACIAL
● 晶片/CPU 水冷排規格：無/360 厚排	● 模組水冷頭尺寸：無
● 水冷液介質：水冷液	● 主要量測數據值：CPU 烤機時的溫度概值
● 實驗時間：60 分鐘	

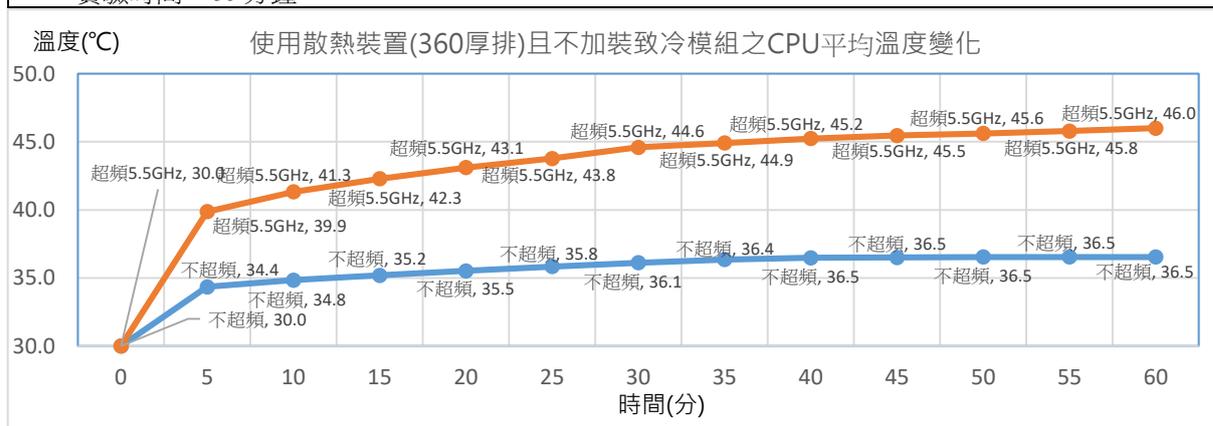


圖 34、只使用 360 厚排散熱的情況下，CPU 超頻與否之時間與溫度的比較圖

由圖 34 的結果，我們發現：當同樣只使用 360 厚排散熱的情況下，在前 5 分鐘階段，不超頻與超頻的溫度上升極快，兩者溫差已經來到 5.5°C 的差距，接下來各自緩慢升高溫度，在實驗結束的第 60 分鐘時，超頻（5.5GHz）比不超頻的溫度高了將近 10°C。

十二、「致冷晶片」的實驗 12：使用高規 CPU 及主機板，使用 360 厚排與第二代致冷模組散熱裝置，執行軟體「ADIA 64」進行烤機實驗，量測超頻與否的溫度變化並比較之

最後，就是最重要的關鍵問題，辛苦設計這麼久，在不僅使用 360 厚排，而且加裝我們第二代致冷模組的情況下，高規格 CPU 的超頻與否，其真實的溫度表現狀況又是如何呢？以下為本實驗的設定資訊表與結果。

表 22 實驗 12 的設定資訊表

● 致冷致冷晶片規格：A (CL-C067)	● 水冷系統型式：開放式
● 致冷晶片片數：2	● CPU：I9-12900K (第二代模組)
● CPU 工作頻率：3.2GHz (不超頻) / 5.5GHz (超頻)	● 主機板：ROG MAXIMUS Z690 E XTREME GLACIAL
● 晶片/CPU 水冷排規格：240 薄排/360 厚排	● 模組水冷頭尺寸：40x200mm
● 水冷液介質：水冷液	● 主要量測數據值：CPU 烤機時的溫度概值
● 實驗時間：60 分鐘	

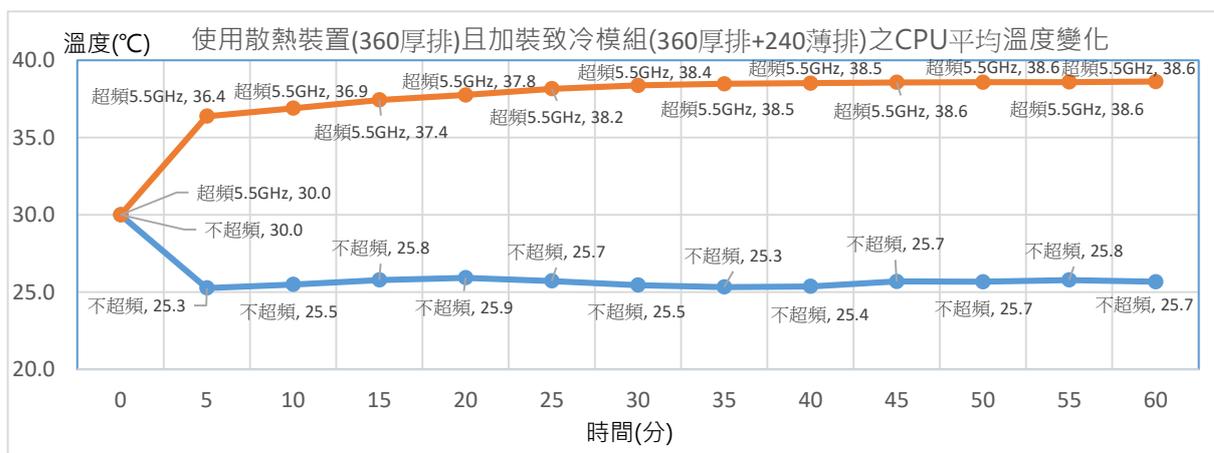


圖 35、使用 360 厚排+第二代致冷模組的情況下，CPU 超頻與否之時間與溫度的比較圖

由圖 35 的結果，我們發現：同樣使用 360 厚排散熱與第二代致冷模組的情況下，在前 5 分鐘階段，不超頻與超頻的溫度走勢完全不同，兩者溫差已經來到 11.1°C 的差距，接下來各自溫度升高幅度不多，在實驗結束的第 60 分鐘時，超頻 (5.5GHz) 比不超頻 (3.2GHz) 的溫度高了將近 13°C。此外，由圖 34 與圖 35，我們發現：加裝第二代致冷模組可將 CPU 超頻 (5.5GHz) 所產生的熱量在前 5 分鐘階段有效地降低 3°C。

伍、討論

一、問題、原因與解決方法

以下是研究過程中，所遇到的問題與我們和專家/老師討論出的原因及解決方法：

(一) 為什麼「第一代致冷模組」選用銅製水冷頭，不使用鋁製水冷頭？

答：我們選用銅製水冷頭原因是因為銅製水冷頭比鋁製水冷頭散熱效果佳，

(二) 為什麼要使用兩塊「致冷晶片」？

答：主要原因是一塊「致冷晶片」無法負荷 CPU 所產生的熱能，導致散熱效果不佳，而我們試著使用兩塊「致冷晶片」，溫度就大幅降低。

(三) 為什麼「第一/二代致冷模組」最後選用 A 型「致冷晶片」，不使用 B、C 或 D 型？

答：主要原因是 A 型「致冷晶片」致冷效果都比 B、C 及 D 型來得好

(四) 為什麼「第一代致冷模組」最後採用水箱精，而不使用原始設定的自來水呢？

答：主要是因為使用自來水後，發現：水中的雜質沉澱會造成抽水機葉片轉動不良，影響抽水功能，本組曾在實驗熱交換的過程中，因為產生了水垢（推測是碳酸鈣沉澱），造成了抽水機葉片卡住。而改用水箱精不僅可增加熱交換率，幫助水泵及管路潤滑，更可以減少水中雜質的產生。

(五) 理論上，「第一代致冷模組」240 水冷排散熱/致冷效果應該比 120 水冷排好，但是我們實驗發現卻不是這樣，兩者溫度下降量差不多，為何會這樣呢？

答：本組經過與專家的討論，推論出以下原因：很可能是因為我們自行研發的致冷模組裡面的致冷晶片，其工作效能已經達到了最大值，所以就算我們使用比 120 水冷排（薄排）更大的 240 水冷排（薄排）去做模組散熱（甚至是更大的 360 水冷排），模組的致冷效果已經達到了溫度極限值，換句話說，溫度不會再下降了。

二、替我們的自造模組取名：HydroPCool

從研究的一開始發想，隨著專家與老師一步步地帶領，我們最後覺得做研究真不是件簡單的事，尤其 2021~2022 年更遭遇新冠肺炎病毒（COVID-19）肆虐全球，這對研究進行也造成不小的影響，儘管如此，師長對我們的要求也沒有便宜行事，常常不直接提供答案與方向，我們也知道他們是為了想激發學生對科學研習之興趣與獨立研究之潛能，這點對於出身技職體系的我們是特別缺乏的，甚至尾聲，老師還提了個建議：『大會要求提供 2 分鐘的作品解說影片，但實驗數據/圖表量實在太大，你們要學著去做到短時間內把重點用「白話」闡述出來，一個好的作品，數據與成品固然重要，但最有效的行銷，是如何動腦去簡單地說個好故事，甚至去取一個響亮的名字』，在老師的協助下，我

二、將 XH-W1401 智能數顯溫控器應用於致冷晶片上，用於控制致冷晶片之電流。

三、在實驗及測量下，本研究得出以下結果：

- (一) 安裝「第一代致冷模組」電腦所預設的「溫度牆」推測在 85°C~90°C 左右
- (二) 使用一塊 TEC1-12706 致冷晶片，不足以穩定 CPU I7-8700K 未超頻時烤機的狀態
- (三) 使用一塊 CL-C067 致冷晶片時，已足以穩定 CPU I7-8700K 未超頻時烤機的狀態
- (四) 使用一塊 CL-C067 致冷晶片時，還不足以穩定 CPU I7-8700K 超頻後烤機的狀態
- (五) 使用兩塊 CL-C067 致冷晶片時，已足以穩定 CPU I7-8700K 超頻後烤機的狀態
- (六) CPU I7-8700K 能進行超頻的量值為 3.8GHz~5GHz 左右
- (七) 使用兩塊 CL-C067 致冷晶片，比使用一塊更能有效降低 CPU I7-8700K 的溫度
- (八) 使用 240 並不會比 120 水冷排，替 CL-C067 致冷晶片散熱，讓冷端溫度降更低
- (九) 雖然水箱精能比純水帶走 CPU 更多的熱能，但要再降低 CPU 的溫度，關鍵還是取決於模組中致冷晶片的效能、個數及散熱方式

四、以下為本研究之未來發展與應用：

- (一) 專業高效的散熱產品是未來的重要趨勢之一，隨者 5G 時代的來臨，以往需要散熱方案的電腦主機，在不能增加空間，卻需擴增冷卻系統下，追求更高效快速的冷卻方案絕對是重要趨勢之一，因此，本研究提供了一個新的並可行的發展方向。
- (二) 相較於一般傳統市面上風冷或水冷散熱等方式，本水冷散熱模組具有安靜、高速降溫且穩定、環境依賴較小等優勢；雖然成本可能較傳統風冷/水冷高些，但隨著量化成本控管與技術成熟，相信未來在成本上必能壓低許多（至少目前，相較於熱管、半導體、化學制冷等方式，已具成本優勢）。
- (三) 隨著 5G、AI 智慧生活應用趨勢的崛起，各大企業已開始部署更多高發熱量的 CPU/GPU、積極提升電腦運算能力，這將使機櫃的電力負載急遽飆升，可預見的未來，我們相信將到達 100Kw 以上前所未有的高點；屆時單憑現有冷卻技術，恐怕很難有效降低機櫃溫度，企業若採用本研究設計的冷卻模組，槽體結構、冷卻單元可望沿用至 5 年而不需換置，甚至可支撐數代伺服器 CPU 的迭代更新，對企業成本控管是一大利多。

- (四) 若未來晶片大量採用垂直 3D 堆疊技術，這將造成大量集體管集中在晶片中間，換句話說，大量的熱量會累積在 CPU 晶片內部深處，本研究所發展的冷卻模組能透過更主動、更強效的熱交換機制，將 CPU 深層熱量帶到表面，再由散熱器或外部水冷系統迅速地散發到空氣中。

柒、參考文獻資料

PCuSER. (2008). Windows 熱門軟體大補帖. PCuSER 電腦人文化.

XFASTEST. (2015 年 3 月 25 日). 【水冷知識講堂】必看！DIY 水冷系統的優點與缺點. 擷取自 XFASTEST:

<https://news.xfastest.com/mod/4816/%E3%80%90%E6%B0%B4%E5%86%B7%E7%9F%A5%E8%AD%98%E8%AC%9B%E5%A0%82%E3%80%91%E5%BF%85%E7%9C%8B%EF%BC%81diy%E6%B0%B4%E5%86%B7%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E7%9A%84%E5%84%AA%E9%BB%9E%E8%88%87%E7%BC%BA%E9%BB%9E/>

朱旭山. (2020). 熱電致冷晶片之特性與應用. , 67(5), 10-18. 化工, 67(5), 頁 10-18.

林士堯. (2019 年 7 月 5 日). 以熱電致冷晶片改良電腦開放式水冷散熱系統的研究. 台南市, 台灣省, 中華民國: 國立成功大學.

林柏儀. (2021). 熱電晶片席貝克效應之電性導通特徵研究. 中華民國.

張瑞玉. (2009). 職場電腦救機技能. 萬里機構.

救機不求人. (2021). 電腦 1 週: PCStation Issue 1056, 12.

綠色比心情. (2018 年 10 月 22 日). CPU 散熱你知道有幾種方式. 擷取自 每日頭條:

<https://kknews.cc/zh-tw/digital/3z88x3o.html>

PK 大事件.(2019 年 1 月 9 號). CPU 水冷散熱器的工作原理是什麼？真是冷水換熱水嗎？. 擷取自 每日頭條: <https://kknews.cc/digital/voroel4.html>

熱電致冷晶片. (2020 年 8 月 1 日). 擷取自 天地能源暨溫控器材行:

<https://www.tande.com.tw/te-tecoolmodule.htm#top>

【評語】 052316

本研究工作利用熱電致冷晶片搭配傳統水冷式散熱系統研究 CPU 的降溫情形，作者參考前人研究發展出將熱電致冷晶片與傳統水冷式散熱結合的密封模組包裝，並且進行多樣量測以及致冷晶片的比較，作品的實驗流程說明詳細，相關原理及作品設計理念呈現圖文並茂，值得鼓勵！關於本作品，提供以下建議作為未來改善設計方向之思考：

1. 本作品與參考文獻“林士堯，以熱電致冷晶片改良腦開放式水散系統的研究”研究方式相近，應補充說明本作品與引用論文的差異性與創新性。
2. 從報告的呈現可以看出作者對於本研究工作投入許多精神，為了改善效能，增加水冷排、風扇以及致冷晶片的數量似乎是符合直覺的結論，如果能針對整體熱力系統進行能量分析，會使系統設計更具學理基礎，研究過程更有效率，讓整體作品的完備性更加提升。
3. 目前的設計需要兩組水傳遞系統，有無能夠更加縮小模組體積的設計？

整體而言本作品的研究過程，由構思到具體實現，具科學實驗的精神，是個成功的科展作品！

作品簡報

第一代

第二代

第三代



組 別：高級中等學校組

科 別：工程學科(一)

作品名稱：急酷降溫

開發水冷式CPU
散熱模組之研究

文獻探討

Literature review

網路發展至今，熱源在電腦一直是扮演影響各式模組的重要關鍵，CPU熱量影響的範圍相當廣泛，更間接地影響到各電子零組件的使用年限。在面臨**全球暖化**的問題時，風冷、水冷等CPU散熱器**至多降到室溫**的「**被動極限**」是不可改變的因素。

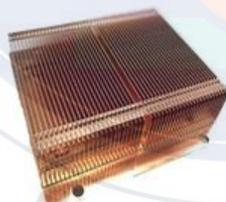
四種重要的CPU散熱方式

塔型風冷

240水冷

熱管散熱

被動散熱



「**致冷晶片**」外部由上下兩片絕緣的**陶瓷基板**所構成，內部由多組的**P型**與**N型**碲化鉍系列（Bismuth Telluride Based）熱電材料及導電**銅**電極串聯構成。當電流由電極進入熱電材料時，由於「**帕帖爾效應**」（Peltier Effect）的緣故，在異質材料接合的界面位置將會分別產生**吸熱**與**放熱**現象，使得該處的溫度**降低**與**升高**。

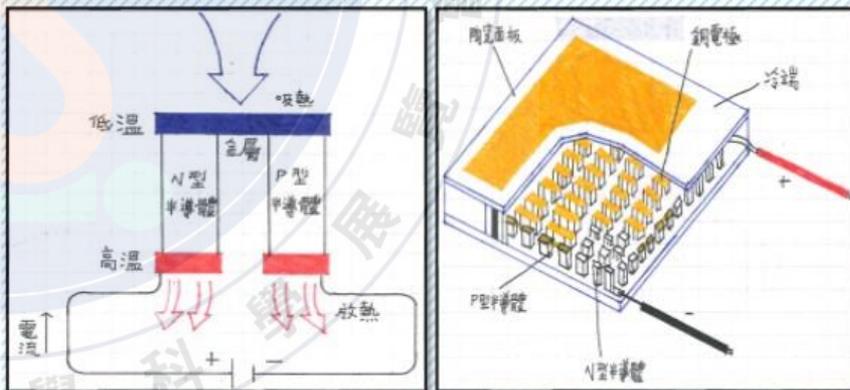


圖1、運作原理

圖2、內部構造

擷取自研究日誌2021.5.31 擷取自研究日誌2021.6.7

前言

研究方法

結果與解釋

成品比較

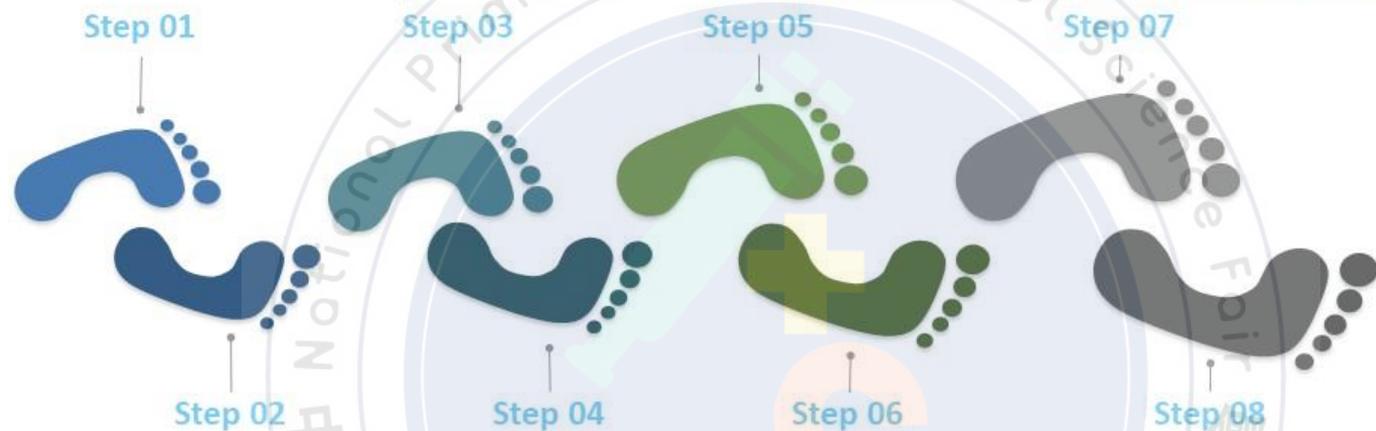
結論

參考文獻

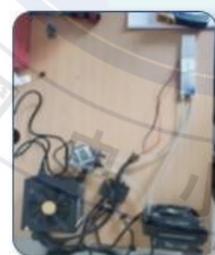
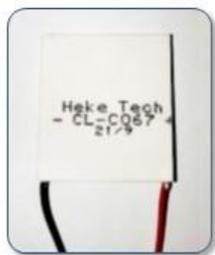
研究方法與過程

Research method and process

經由不斷嘗試模組的組合方式，一步一步的改良，並且過程中使用紅外線測溫槍、Cinebench R23等工具及電腦程式紀錄致冷模組的溫度變化及CPU的狀態



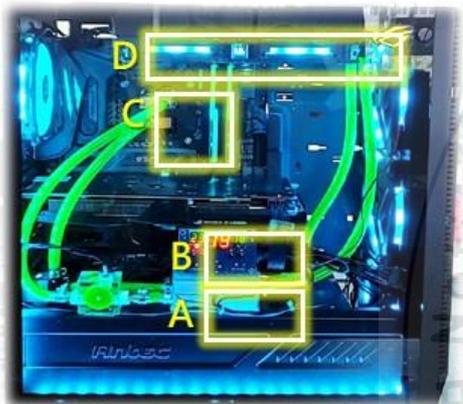
- 01 構思及設計致冷模組的組合方案
- 02 挑選並購買合適的致冷晶片
- 03 在冷端無負載情況下利用紅外線測溫槍測量晶片冷端溫度變化
- 04 組合模組測試可行性並利用紅外線測溫槍測量晶片冷端溫度變化
- 05 將模組裝設於電腦上並開機測試，且記錄控溫器量測的溫度值，另外利用Cinebench R23及BIOS測量CPU的狀態
- 06 決定致冷模組的組合方式
- 07 設計及製作模組的外殼，並組裝
- 08 完成模組並裝設於主機



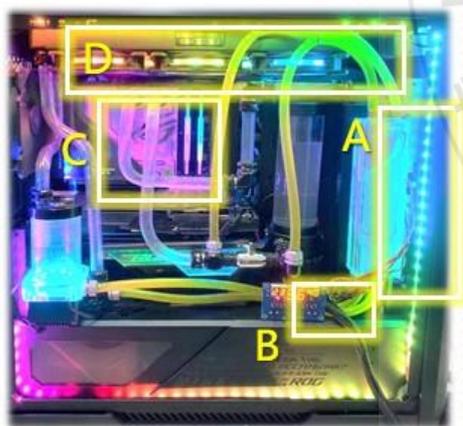
研究方法

Research method

第一代致冷模組



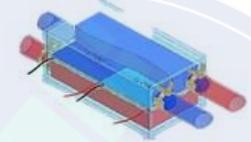
第二代致冷模組



A 兩代「散熱模組」由 (1) 兩塊致冷晶片及 (2) 兩塊鋁製水冷頭組成

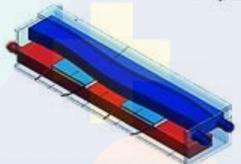
鋁製水冷頭

第一代致冷模組



CI-C067致冷晶片

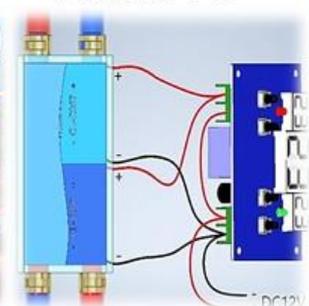
第二代致冷模組



B 利用「XH-W1401智能數顯溫控器」控制散熱模組的開啟與關閉

溫控器實體照

組裝接線示意圖



C 散熱模組致冷端的鋁製水冷頭連接至「CPU水冷頭」

第一代CPU水冷頭

第二代水泵 (附水箱)



第二代CPU水冷頭



D 散熱模組發熱端的鋁製水冷頭連接至240/360水冷散熱排 (單層薄排)

散熱風扇

第二代散熱排 (雙層厚排)

第一代水泵



Foreword 前言

Method 研究方法

Results & Interpretation 結果與解釋

Product comparison 成品比較

Conclusion 結論

References 參考文獻

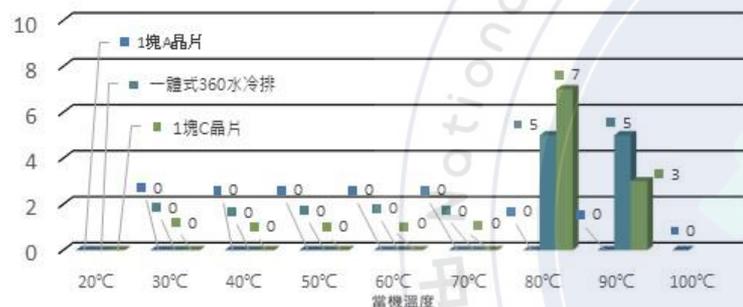
研究結果與解釋：第一代模組

Research result and interpretation : 1st Generation HydroPCool Module

不同狀況下CPU之當機次數 (總測試10次)

當機次數 (總測試10次)

(節錄自研究報告P.18,圖20)



兩種型號致冷晶片比較

當使用**一塊規格A致冷晶片** (CL-C067) 及使用**一塊規格C致冷晶片** (TEC1-12706) 分別在CPU**不超頻** (3.7GHz) 的情況下進行「烤機」30分鐘, 記錄此兩種方案的當機情形。

【註】兩塊致冷晶片熱端皆使用**120** 水冷排散熱

結論

- 使用**一塊規格C致冷晶片**時, 十次測試內有**七次發生當機**
- 使用**一塊規格A致冷晶片**時, 十次測試內都**沒有發生當機**
- 表示**規格A致冷晶片**的效能**優於規格C致冷晶片**

不同塊數致冷晶片比較

當使用**一塊規格A致冷晶片** (CL-C067) 及使用**兩塊規格A致冷晶片** (CL-C067) 分別在CPU**超頻後** (3.8GHz~5GHz) 的情況下進行「烤機」30分鐘, 記錄此兩種方案的當機情形。

【註】兩塊致冷晶片熱端皆使用**120** 水冷排散熱

結論

- 使用**一塊規格A致冷晶片**時, 在超頻到**4.5GHz**時就開始發生**當機**
- 使用**兩塊規格A致冷晶片**時, 一直超頻到**5GHz**都**沒有發生當機**
- 決定使用**兩塊規格A致冷晶片**製作散熱模組

【註】潛在錯誤? 非預期問題?

1塊 vs. 2塊 A致冷晶片.120水冷排.超頻CPU之當機次數表

當機次數 (總測試10次)

(節錄自研究報告P.19,圖24)



前言

研究方法

結果與解釋

成品比較

結論

參考文獻

研究結果與解釋：第一代模組

Research result and interpretation : G1

CPU最大超頻值：不同規格水冷排與溫度的關係



不同水冷散熱排比較

當兩塊規格A致冷晶片熱端使用120水冷排散熱以及240水冷排散熱，分別在CPU超頻後 (3.8GHz~5GHz) 的情況下進行「烤機」30分鐘，記錄此兩種方案的溫度變化。

結論

- 在前10分鐘階段，兩組水冷液溫度皆上升至40多度，之後水冷液溫度皆變化不大
 - 兩組的水冷液溫度在最後所維持的水溫差別不大
- 【註】潛在錯誤？非預期問題？

CPU最大超頻值：不同水冷液介質與溫度的關係

(節錄自研究報告P.23,圖31)



不同水冷液 (介質) 比較

當水冷液使用純水、水箱精兩種容液在不同比例下，分別在CPU超頻後 (3.8GHz~5GHz) 的情況下進行「烤機」30分鐘，記錄此兩種方案的溫度變化。

【註】兩塊規格A晶片熱端皆使用240水冷排散熱

結論

- 使用水箱精作為傳導介質的溫度比使用純水及使用一半水一半水箱精 (各50%) 的溫度皆來得高
- 水箱精的冷熱交換率比純水來得高，所以水箱精在單位時間內所帶走的CPU熱量較純水多，所以在單位時間內所量測出來的溫度值才會比較高

Foreword 前言

Methods 研究方法

Results & Interpretation 結果與解釋

product comparison 成品比較

Conclusion 結論

References 參考文獻

研究結果與解釋：第二代模組

Research result and interpretation : 2nd Generation HydroPCool Module

前言

研究方法

結果與解釋

成品比較

結論

參考文獻

Foreword

Methods

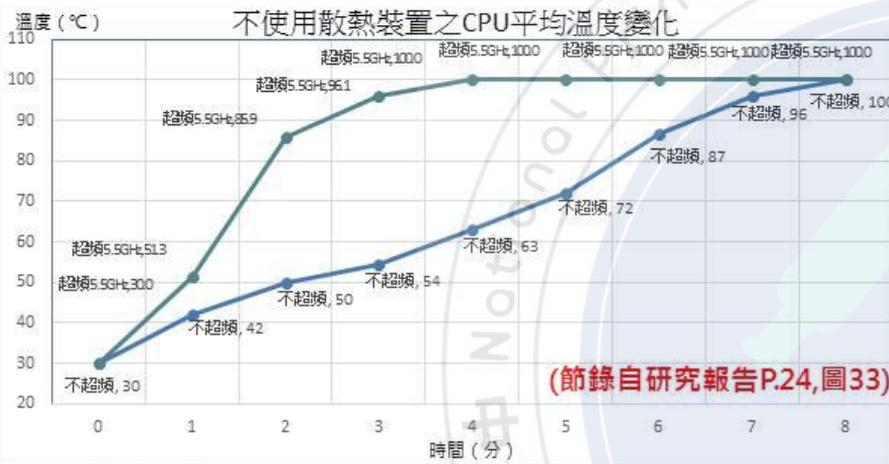
Results & Interpretation

product comparison

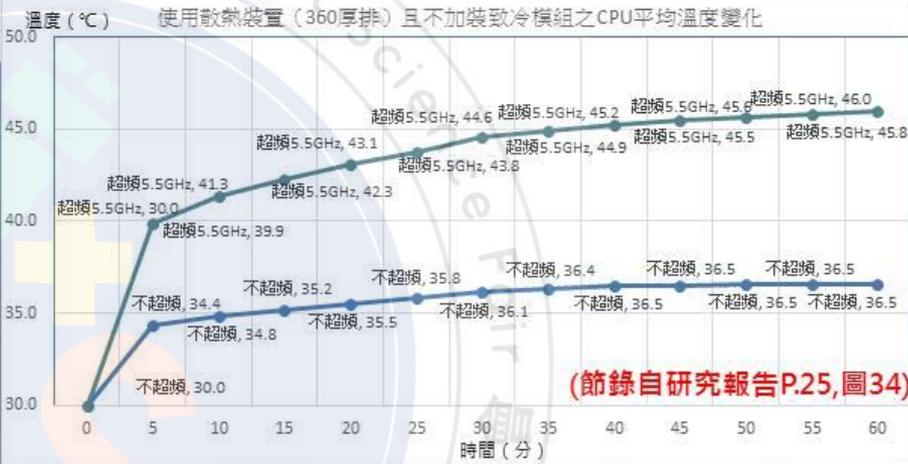
Conclusion

References

不使用散熱裝置之CPU平均溫度變化



使用散熱裝置 (360厚排) 且不加裝致冷模組之CPU平均溫度變化



Intel第12代CPU超頻與否之時間與溫度的比較

在**不使用散熱裝置** (CPU上不裝置任何散熱器) 的情況下,高規格CPU在**不超頻 (3.2GHz)** 與**超頻 (5.5GHz)** 的情況時,進行「烤機」30分鐘,測量其真實的溫度表現狀況是如何?

結論

- 不使用散熱裝置並不超頻 (3.2GHz) 的情況下,直到7~8分鐘左右,才會達到100°C當機溫度
- 如果不使用散熱裝置而冒然超頻 (5.5GHz) 的話,才運行到3~4分鐘時,Intel第12代CPU就會提早達到100°C的當機溫度

使用360厚排放熱裝置,量測超頻與否的溫度變化

只使用**360厚排**散熱,但**尚未加裝第二代致冷模組**的情況下,高規格CPU在**不超頻 (3.2GHz)** 與**超頻 (5.5GHz)** 的情況時,進行「烤機」30分鐘,測量其真實的溫度表現狀況是如何?

結論

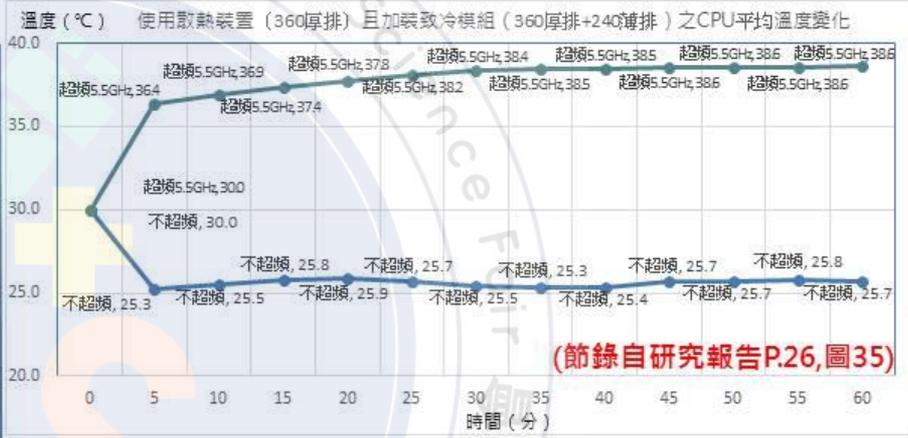
- 前5分鐘階段,不超頻與超頻的溫度上升極快,兩者溫差已經來到5.5°C的差距
 - 在實驗結束的第60分鐘時,超頻 (5.5GHz) 比不超頻的溫度高了將近10°C
- 【註】潛在錯誤?非預期問題?

成品比較

Finished product comparison : G1~G3

CPU最大超頻值：不同狀況下本散熱模組與溫度的關係

致冷晶片冷卻區水冷液的平均溫度 (°C)



- 前言
- 研究方法
- 結果與解釋
- 成品比較
- 結論
- 參考文獻

第一代致冷模組與360水冷排比較

在介質使用水箱精及240水冷排散熱的情況下，比較本散熱模組與市售360一體式水冷在CPU超頻(5GHz)後進行「烤機」30分鐘，記錄其溫度變化。

【註】潛在錯誤？非預期問題？

結論

- 市售一體式360水冷排無法壓低CPU超頻(5GHz)後所烤機的CPU溫度
- 我們自行研發的致冷晶片模組可以壓制住CPU超頻(5GHz)後所烤機的CPU溫度

第二代模組加360水冷排，量測超頻與否的溫度變化

不僅使用360厚排，而且加裝我們第二代致冷模組的情況下，高規格CPU在不超頻(3.2GHz)與超頻(5.5GHz)的情況時，進行「烤機」30分鐘，測量其真實的溫度表現狀況是如何？

結論

- 前5分鐘階段，不超頻與超頻的溫度走勢完全不同，兩者溫差已經來到11.1°C的差距
- 實驗結束的第60分鐘時，超頻(5.5GHz)比不超頻(3.2GHz)的溫度高了將近13°C

成品比較

Finished product comparison : G1~G3

第一代致冷模組



採用240水冷排



降溫效果49°C



採用2塊致冷晶片



一體式水冷系統



體積較大

第二代致冷模組



採用360水冷排



降溫效果38°C



採用2塊致冷晶片



開放式水冷系統



體積較大

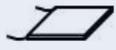
市售360水冷



採用360水冷排



降溫效果85°C



無採用致冷晶片

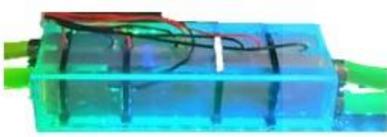


一體式水冷系統



體積較中

第三代致冷模組



採用360水冷排



降溫效果33°C



採用4塊致冷晶片



開放式水冷系統



體積較大

- Foreword
- 前言
- Methods
- 研究方法
- Results & Interpretation
- 結果與解釋
- product comparison
- 成品比較
- Conclusion
- 結論
- References
- 參考文獻

結論

Conclusion

1

當使用**兩塊**CL-C067致冷晶片時比使用**一塊**更能**有效**降低CPU的溫度

2

當使用**兩塊**CL-C067致冷晶片時，已經**足以穩定**CPU**超頻** (3.8GHz~5GHz) 後烤機的CPU狀態

3

使用**240**水冷排為CL-C067致冷晶片散熱並不會比使用**120**水冷排的冷端溫度降得**更低**

7

未來研究方向：繼**第一代**、**第二代**致冷模組後，我們團隊正持續研發**第三代**致冷模組，期許有**更快速**、**穩定的降溫**效率



4

雖然水箱精能比純水從CPU帶走更多熱能，但要能更**降低**CPU的溫度還是得取決於模組中致冷晶片的**效能**、**個數**及**散熱**方式

5

相較於一般市面上**風冷**或**水冷**散熱等方式，兩代**致冷晶片**散熱模組都具有**安靜**、**高速降溫**且**穩定**、**環境依賴**較小 (開放式水冷系統) 等優勢

6

加裝**第二代**致冷模組可將CPU**超頻** (5.5GHz) 所產生的熱量在**前5分鐘**階段**有效地**降低**6.4°C**

前言
Foreword研究方法
Methods結果與解釋
Results & Interpretation成品比較
Product Comparison結論
Conclusion參考文獻
References

參考文獻

References

朱旭山. (2020). 熱電致冷晶片之特性與應用. 67 (5), 10-18. 化工, 67 (5), 頁 10-18.

林士堯. (2019年7月5日). 以熱電致冷晶片改良電腦開放式水冷散熱系統的研究. 台南市, 台灣省, 中華民國: 國立成功大學.

林柏儀. (2021). 熱電晶片席貝克效應之電性導通特徵研究. 中華民國.

張瑞玉. (2009). 職場電腦救機技能. 萬里機構.

救機不求人. (2021). 電腦1週: PCStation Issue 1056, 12.

綠色比心情. (2018年10月22日). CPU散熱你知道有幾種方式. 擷取自 每日頭條

熱電致冷晶片. (2020年8月1日). 擷取自 天地能源暨溫控器材行

謝
謝
指
導

Thanks for the listening